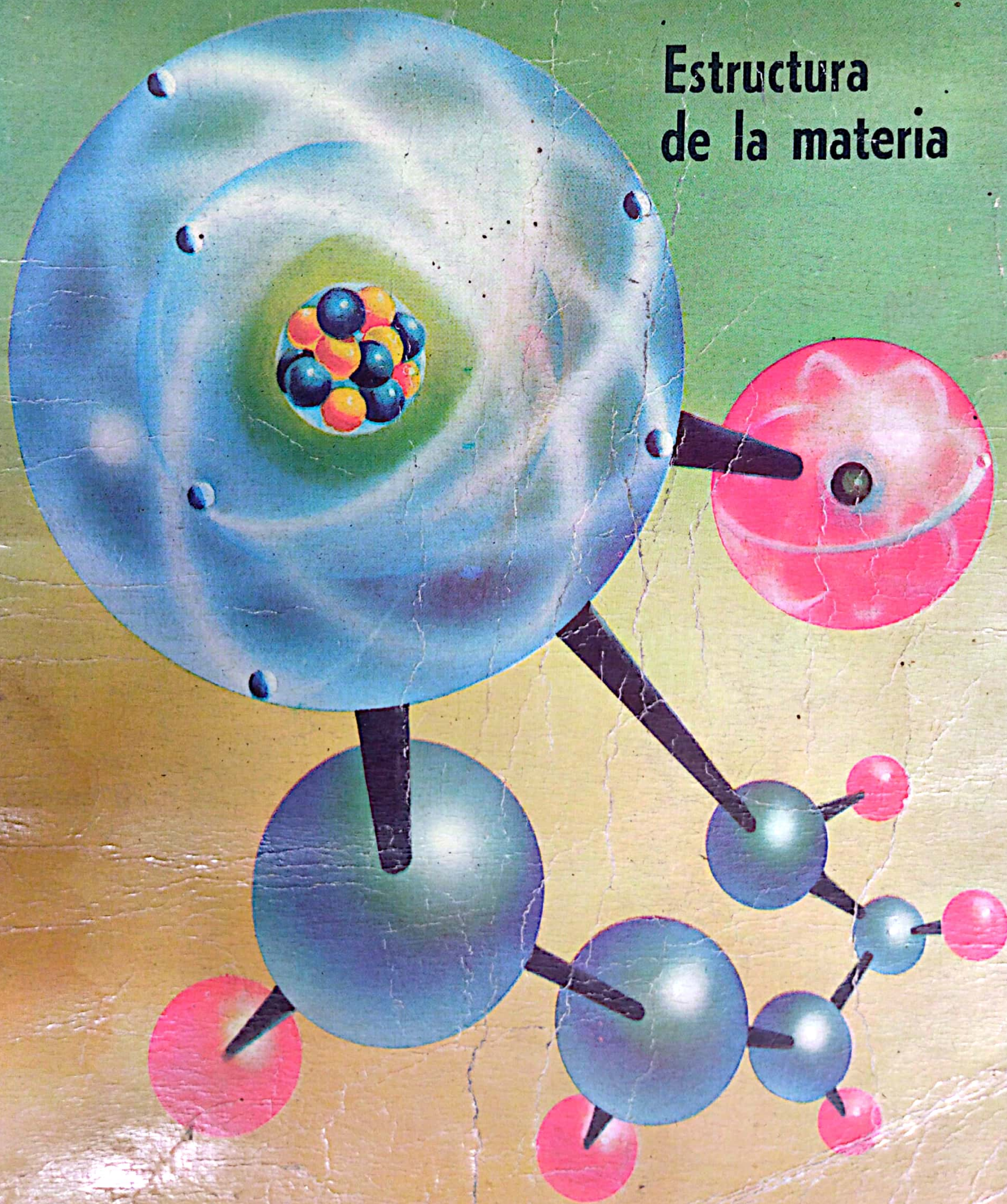
Nº 5

ÁTOMOS

Estructura de la materia



LIBROS DE ORO DEL SABER

María Clemencia Lanata San Martín



ÁTOMOS

María Clemencia Barcelaso Lanata
San Martín



ORGANIZACION EDITORIAL NOVARO, S. A.



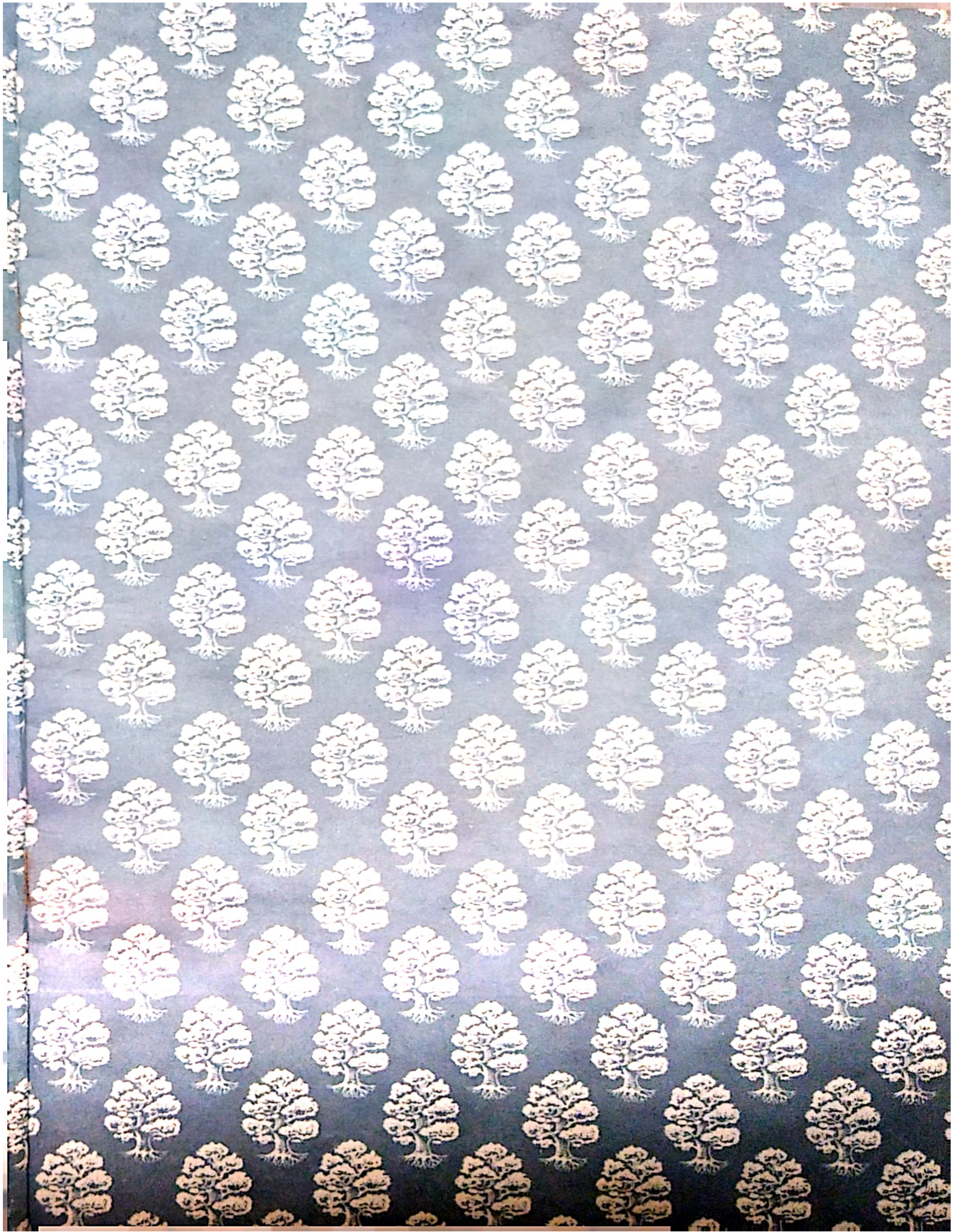


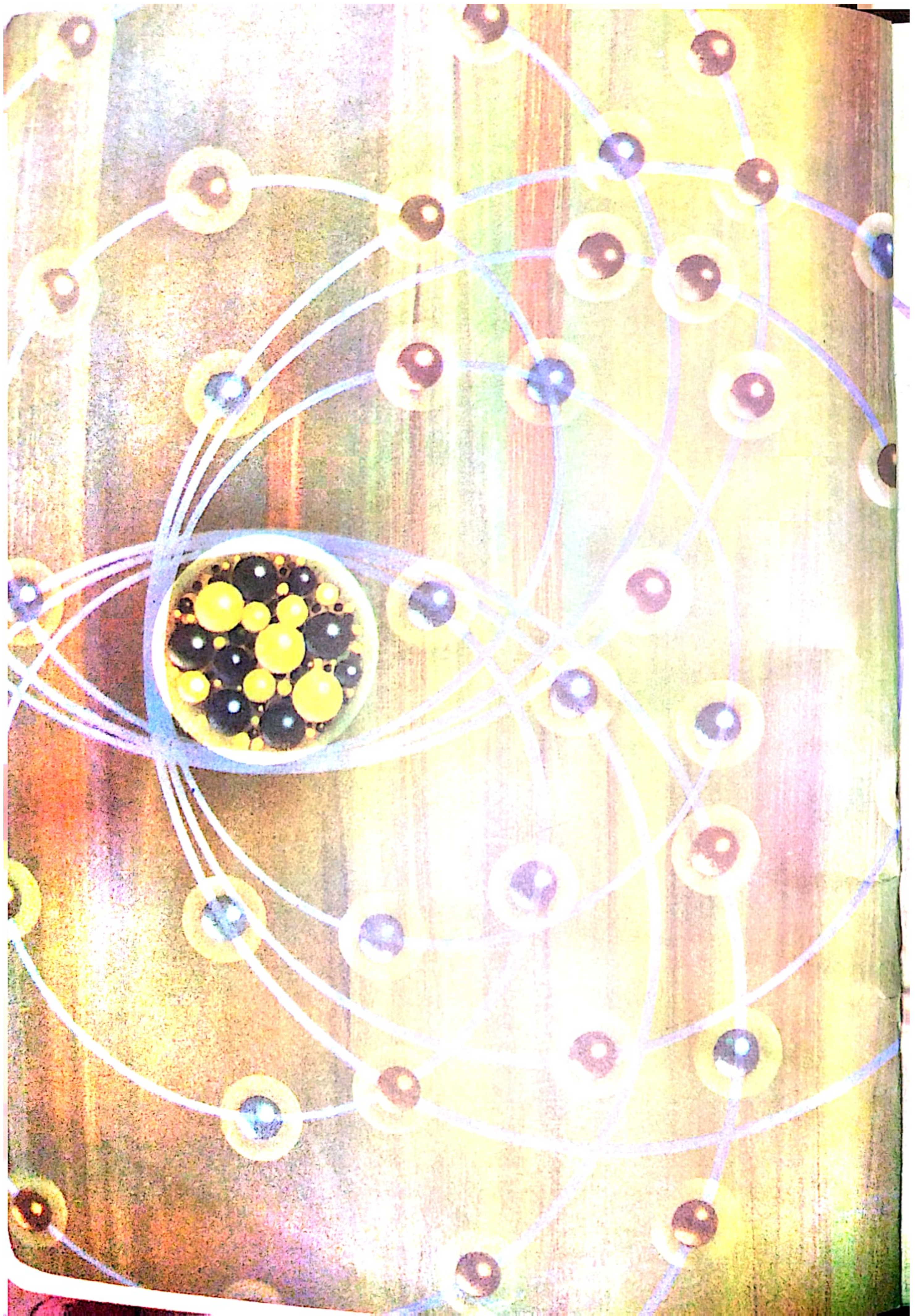
LIBROS DE ORO DEL SABER

Libros instructivos para lectores jóvenes
Ilustrados con fotografías
en color

Los Libros de Oro del Saber forman una colección de libros escritos especialmente para la generación actual de jóvenes que desean obtener información sobre temas apasionantes. Los libros están cuidadosamente revisados por autoridades reconocidas en la materia y su lectura es sencilla. Las fotografías en colores hacen una delicia de cada página. La colección se ha preparado bajo la dirección del doctor Herbert S. Zim, autoridad en el campo de la enseñanza científica y editor de la Guía de Oro de la Naturaleza.

Vea en la página 55
la lista completa de títulos







ÁTOMOS

Título en inglés: ATOMS, The core of all matter

EL CORAZÓN DE TODA LA MATERIA

por JERRY KORN

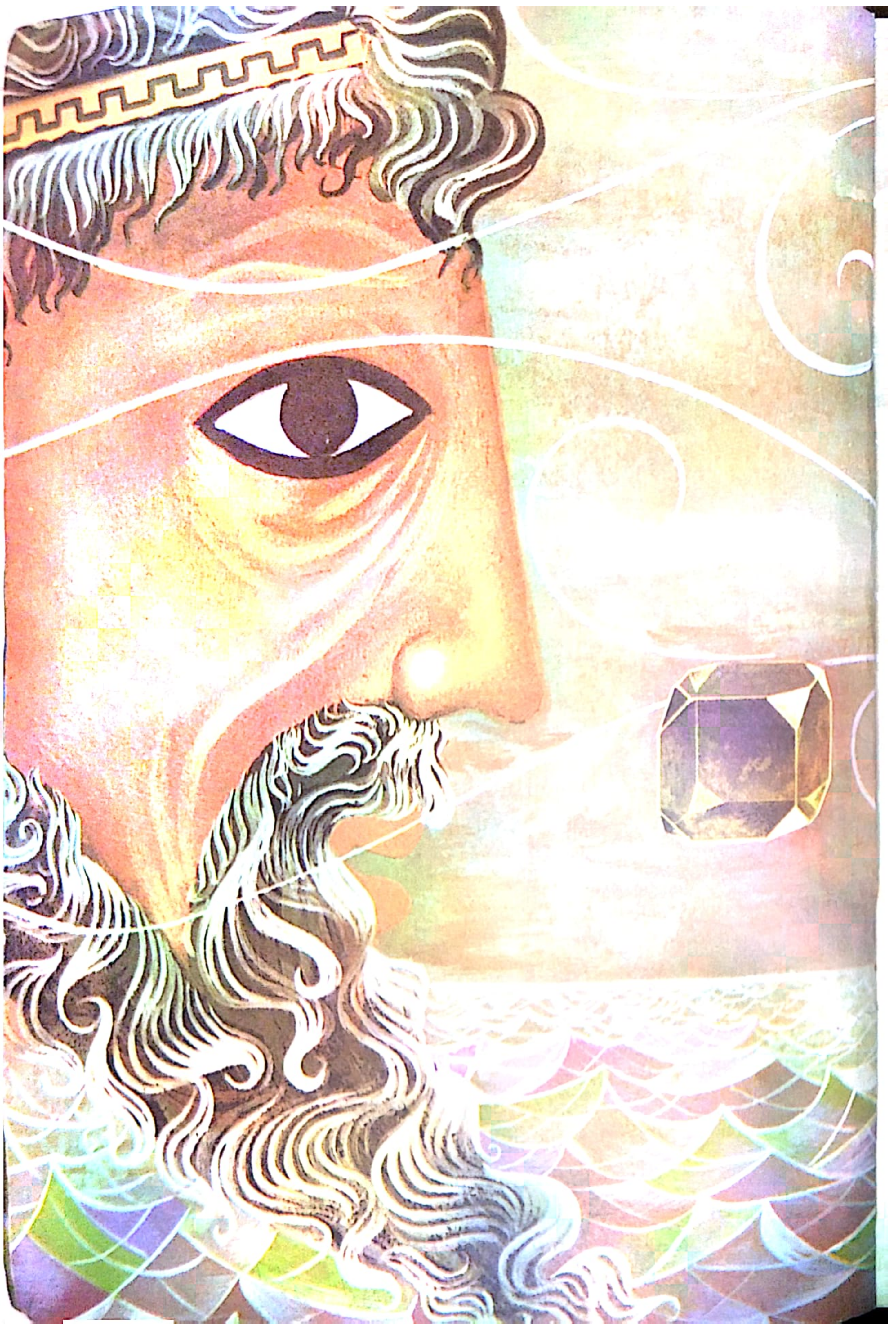
Ilustraciones de
NORBERT VAN HOUTEN

Traducción: TOMÁS R. COUTO



ORGANIZACION EDITORIAL NOVARO, S. A.

 Esta tercera edición de 15,000 ejemplares se terminó de imprimir el día 27 de marzo de 1970, en los talleres de *Organización Editorial Novaro*, S.A., Calle 5, Nº 12, del Fraccionamiento Industrial Naucalpan de Juárez, Estado de México.

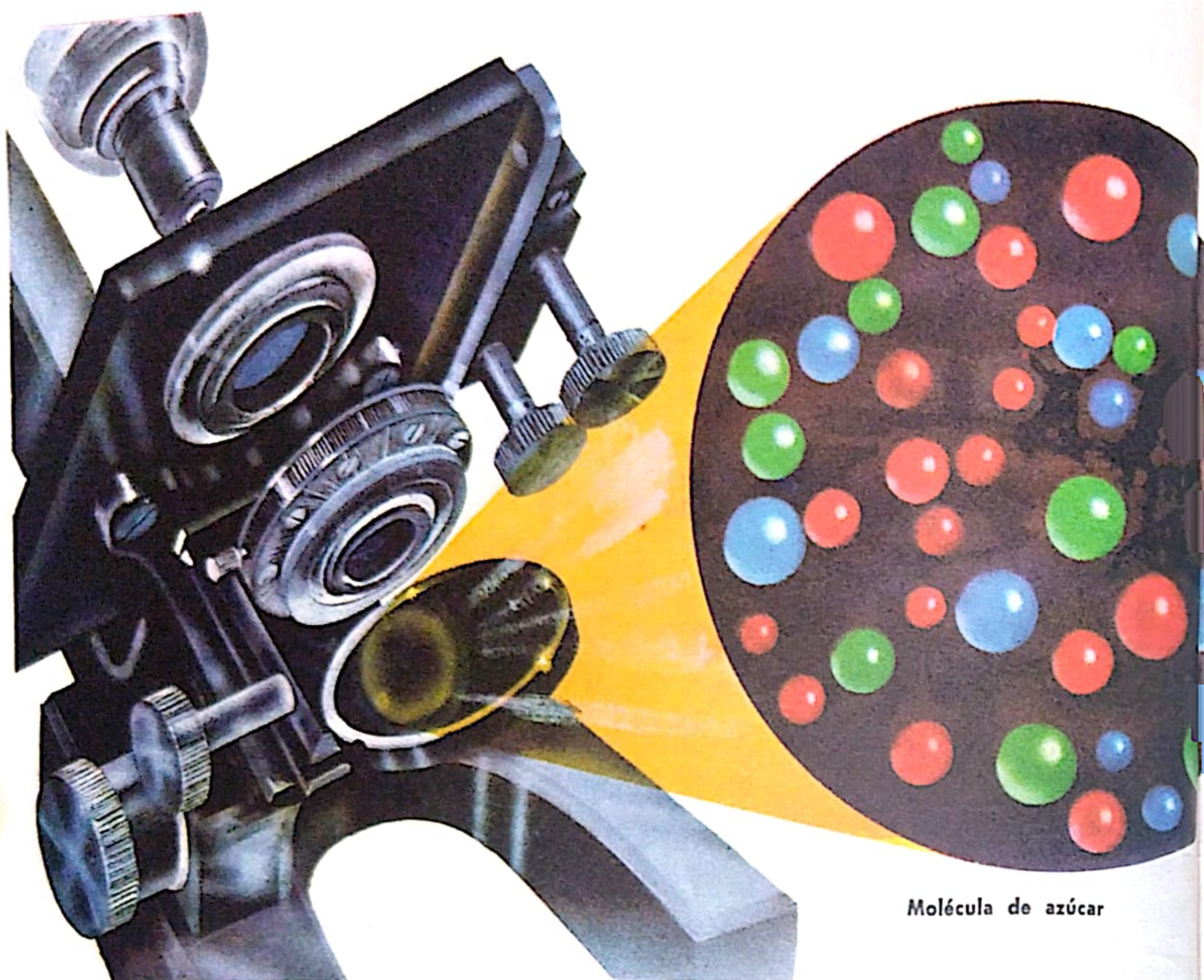




¿De qué y de qué Modo Está Hecho el Mundo?

Vivimos en la Era Atómica, un período de la historia que se inició en el año 1945 con las explosiones de las bombas nucleares construidas con fines bélicos. Esas explosiones, las fuerzas más poderosas que el hombre había desencadenado hasta aquella época, eran la respuesta que había intrigado a los hombres de ciencia y a los filósofos durante más de dos mil quinientos años, o sea: "¿De qué y de qué modo está hecho el mundo?"

Los primeros hombres que intentaron hallar la respuesta a dicha pregunta fueron los griegos, quienes se esforzaban por encontrar explicaciones lógicas a todos los misterios de la naturaleza. Algunos, llegaron a conclusiones extrañas. Aproximadamente en el año 600, antes de la era cristiana, Tales de Mileto, un filósofo griego, aseveró que el agua o la humedad constituían la esencia vital de las cosas: cierta clase de agua para los mares, otra, más sólida, para los objetos duros como las piedras, etc. Poco después, otro pensador griego anunció que la teoría de Tales era descabellada: era evidente que todos los objetos estaban formados de *agua* y *aire*.



Molécula de azúcar

Otro hombre sostuvo que la materia primaria o elemento del mundo era el aire, y otro más afirmó que se equivocaban: los objetos estaban integrados por fuego. La situación continuó así, y una teoría sucedía a otra.

Años después, un hombre llamado Demócrito se presentó con otra teoría distinta. Todo lo que existe, dijo Demócrito –la tierra, el cielo, los océanos, la vegetación y todos los seres vivientes–, está integrado por pequeñísimas partículas, agrupadas compactamente como las abejas en una colmena. Demócrito llamó *átomos* a esas partículas, palabra griega que significa "indivisible", o sea que no se puede separar. Esta teoría de las partículas, aparentemente absurda, fue atacada nada menos que por Aristóteles, el célebre filósofo, uno de los más grandes pensadores griegos que han existido. Desacreditó en forma tal la teoría de Demócrito, que tuvieron que transcurrir más de dos mil años antes de que los hombres de ciencia volvieran a tomarla en consideración.

Cuando lo hicieron, comprendieron que un solo detalle en la teoría de Demócrito era el que la había hecho apartarse de todas las extrañas teorías que la habían precedido. Hasta cierto punto, por lo menos, Demócrito tenía la razón.



Si fuera posible observar un cristal de azúcar con un microscopio muy potente, se podría apreciar uno de los muchos millones de moléculas del cristal, cada una de ellas formada por cuarenta y cinco átomos

El Maravilloso Átomo

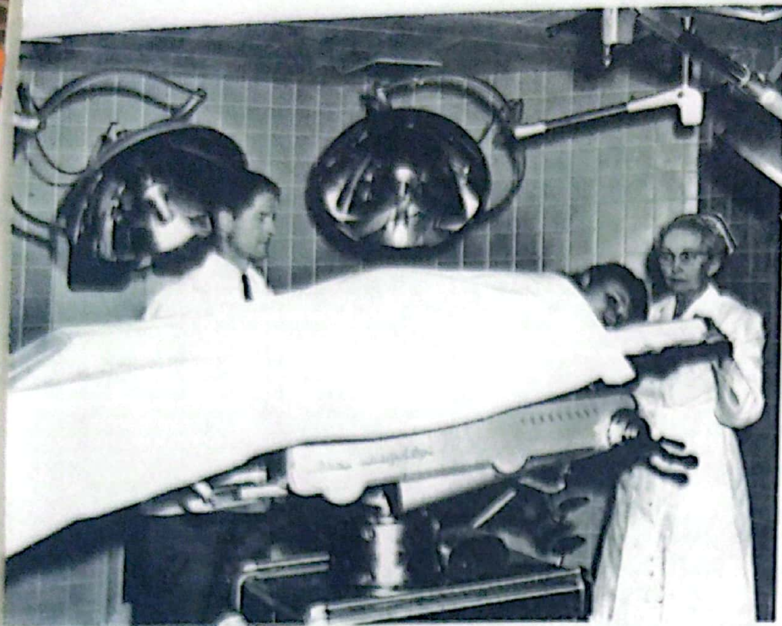
Como veremos, Demócrito había confundido los átomos con lo que ahora llamamos moléculas, pero iba por buen camino al afirmar que eran pequeñísimos. Actualmente, sabemos que las moléculas son masas diminutas formadas por átomos. Tanto las moléculas como los átomos son tan pequeños, que es difícil imaginar su tamaño.

Sólo hay unas cuantas especies distintas de átomos —más de cien—, pero con ellas se pueden obtener muchas clases diferentes de moléculas, así como todas las palabras del idioma español se pueden escribir con sólo veintiocho letras.

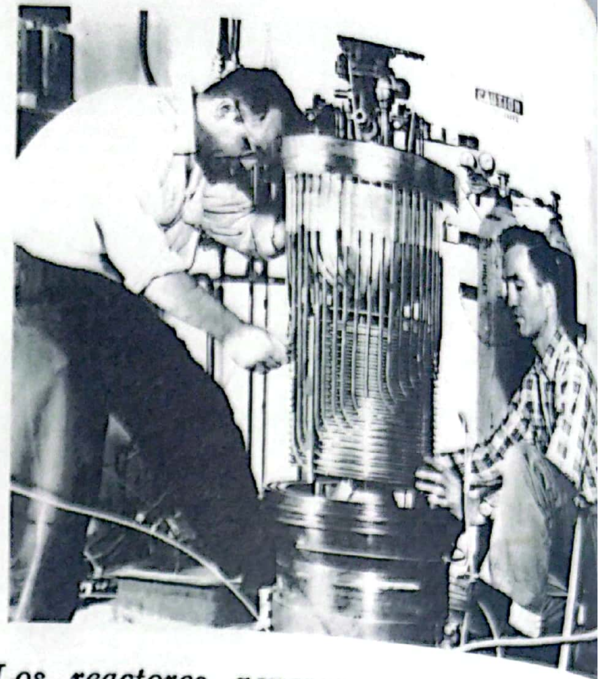
Para imaginar el tamaño de un átomo, observemos un grano de azúcar. A unos metros de distancia, dicho trozo de azúcar no se puede apreciar. Sin embargo, contiene millones de moléculas, y cada una de ellas está formada por cuarenta y cinco átomos.

Si existiera un microscopio tan potente, por medio del cual apareciese amplificado un grano de azúcar al tamaño de la Tierra, se podrían ver las moléculas que lo integran, presentando cada una de ellas el tamaño de una casa. Además, se podrían apreciar, del tamaño de una habitación, los cuarenta y cinco átomos que contiene cada molécula de azúcar.

Pero existe algo mucho más pequeño que un átomo. Se llama núcleo, y



La energía atómica tiene aplicaciones en la medicina

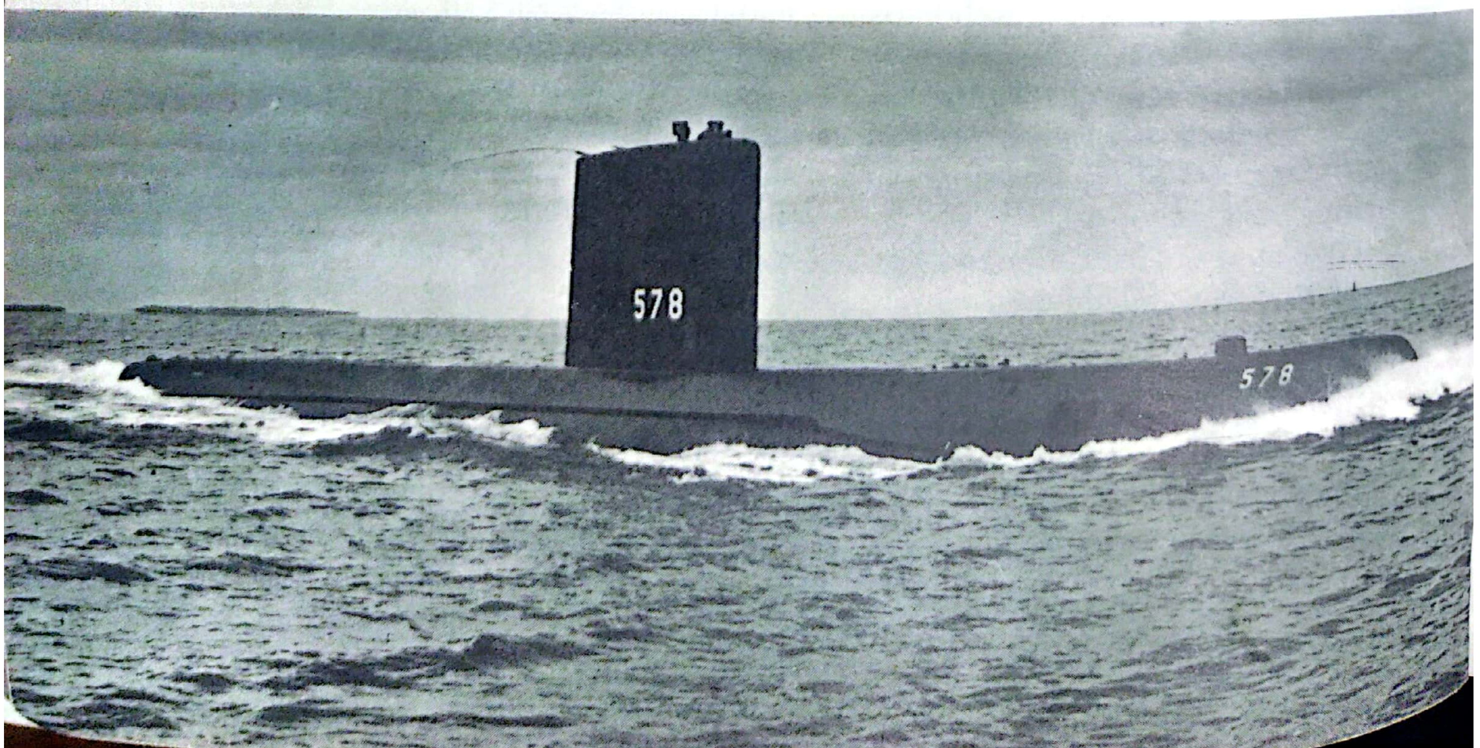


Los reactores generan energía motriz

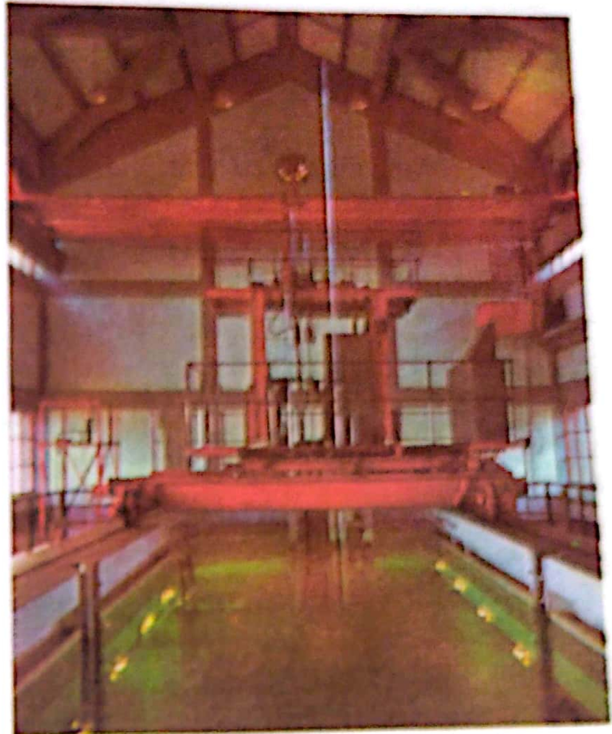
está situado en el centro de cada átomo; es tan visible como una partícula de polvo en medio de la habitación de nuestro ejemplo anterior, y si esto es difícil de creer, añadiremos que cada núcleo está integrado por partículas aún más diminutas, llamadas protones y neutrones.

Se podría suponer que, cuando un objeto es tan pequeño, no tiene caso tomarlo en consideración, pero eso es erróneo, ya que cuando los protones y los neutrones del interior de un átomo son fisionados o fundidos, es cuando se obtienen las bombas nucleares y de hidrógeno, las estaciones generadoras

La energía nuclear ya se utiliza para hacer funcionar los motores de los submarinos



Estación generadora de energía atómica en la India

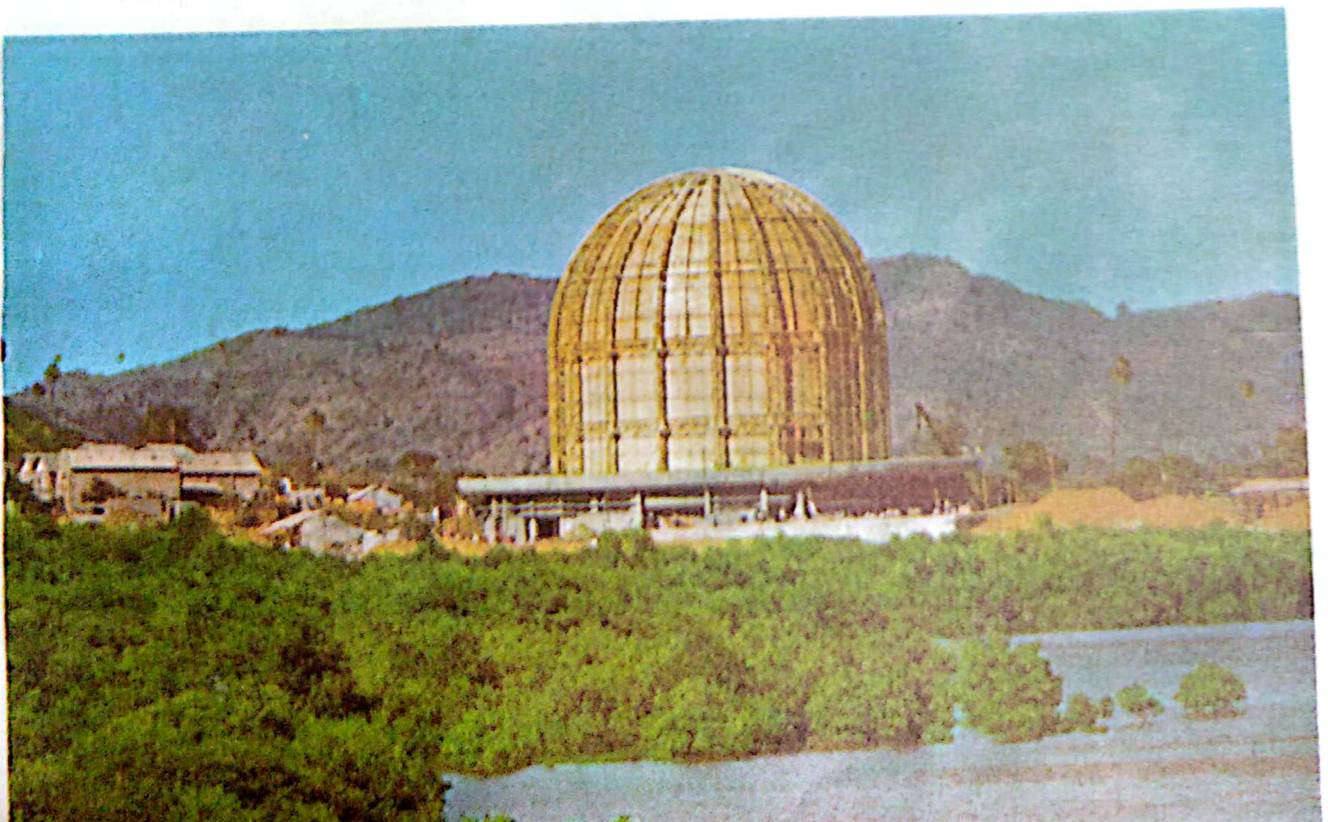


de energía nuclear y todas las demás maravillas de la Era Atómica.

Para todos nosotros, la desintegración del núcleo de un átomo fue uno de los acontecimientos más importantes de nuestra vida. Los átomos son los "ladrillos" de que están hechos todos los objetos que nos rodean, y su desintegración se está convirtiendo en el hecho central de nuestra existencia diaria. En los años venideros, la desintegración y la fusión de los átomos harán funcionar nuestras industrias y proporcionarán la energía de las gigantescas embarcaciones y de las enormes aeronaves. Nos podrán ayudar a curar muchas enfermedades, conservar durante largo tiempo y en buen estado los alimentos, a combatir las plagas de insectos, y otras muchas cosas que serían largas de enumerar.

Pero quizá lo más asombroso es que todas estas maravillas provienen de la desintegración de un objeto que nadie, hasta el día de hoy, ha llegado a ver; un objeto que los hombres de ciencia al principio suponían que existía, porque sin él, no había forma alguna de explicar cómo la Tierra y los objetos que hay en ella llegaron a ser tal y como son.

La estación generadora de energía atómica de Trombay proporcionará a la India la fuerza motriz que tanto necesita su industria



El Átomo y el Elemento

Aproximadamente del año 400 a. de J. C. hasta fines de 1500, el átomo fue olvidado. Aristóteles había creído que toda la materia estaba hecha de cuatro "elementos": fuego, agua, tierra y aire; una teoría que no difería en mucho de las de Tales de Mileto y de otros filósofos. Como Aristóteles era un sabio, la gente aceptaba la teoría de los cuatro elementos y el avance del estudio de la materia quedó estancado durante varios siglos. (La teoría de Aristóteles de los cuatro elementos aún subsiste en el viejo dicho: "desafía los elementos", palabras que se emplean cuando un hombre sale a la calle cuando sopla el viento y cae la lluvia.)

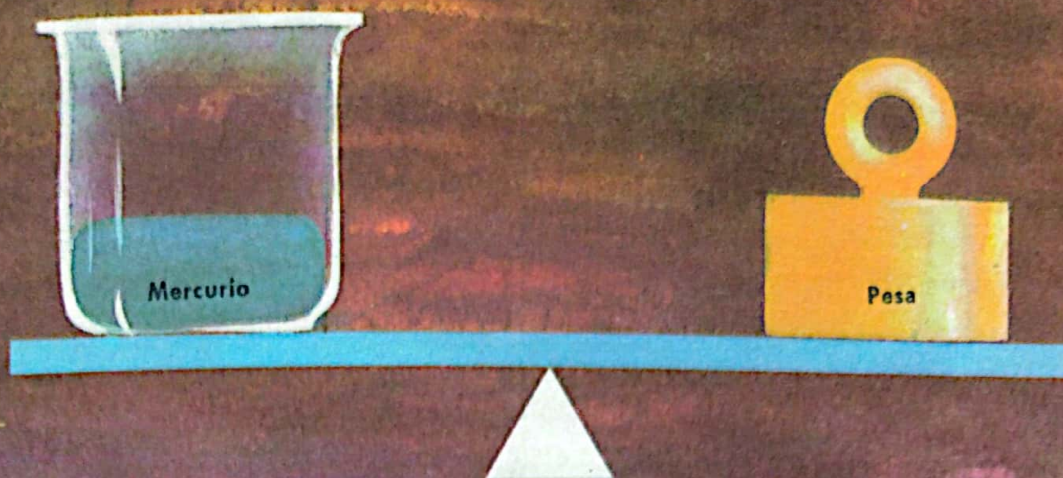
Durante todo el período que estuvo dominado por la teoría de Aristóteles de los cuatro elementos no hubo hombres de ciencia tal y como los conocemos hoy. Es decir, no hubo *químicos* que se dedicaran a investigar los secretos de la materia; había, en cambio, *alquimistas,* personas que buscaban la forma de transformar el plomo, un metal barato y abundante, en oro, para que sus amos se enriquecieran. Aristóteles sugirió que eso podría ser posible, ya que, según él, todos los metales estaban formados de los mismos cuatro elementos.

Finalmente, casi dos mil años después de Aristóteles, un joven matemático italiano llamado Galileo empezó a analizar todas las teorías antiguas. Lo más importante de aquello, resultó que él, por medio de sus experimentos, ofreció probar que muchas de las teorías científicas de Aristóteles eran erróneas. Su contribución al descubrimiento de la naturaleza del átomo fue lograr persuadir a los hombres de ciencia de su época de que sólo aceptaran como válidas todas aquellas teorías e ideas que pudieran ser probadas experimentalmente.

Casi tan importante como aquello fue, años después, la aplicación del microscopio en la ciencia; este aparato fue construido por Leeuwenhoek, un hombre de ciencia holandés. Con el microscopio, por vez primera, los químicos podían asomarse a un mundo extraño y diminuto.

Lenta y laboriosamente, la química regresó al camino recto del que se había apartado. En el siglo XVII, un francés llamado Pierre Gassendi sugirió que la teoría atómica de Demócrito podía ser cierta. Al pasar el tiempo, más hombres empezaron a estar de acuerdo con él, pero era difícil creer en los átomos, porque todos se topaban con una serie de preguntas desalentadoras: "¿Cómo son los átomos?" "¿Qué aspecto tienen?" "¿Qué los mantiene agrupados?" "¿Existen tantas clases diferentes de átomos como objetos distintos hay en el mundo?" "¿Están formadas todas las cosas de la Tierra por una misma clase de átomos, sólo que éstos están agrupados en forma distinta?"

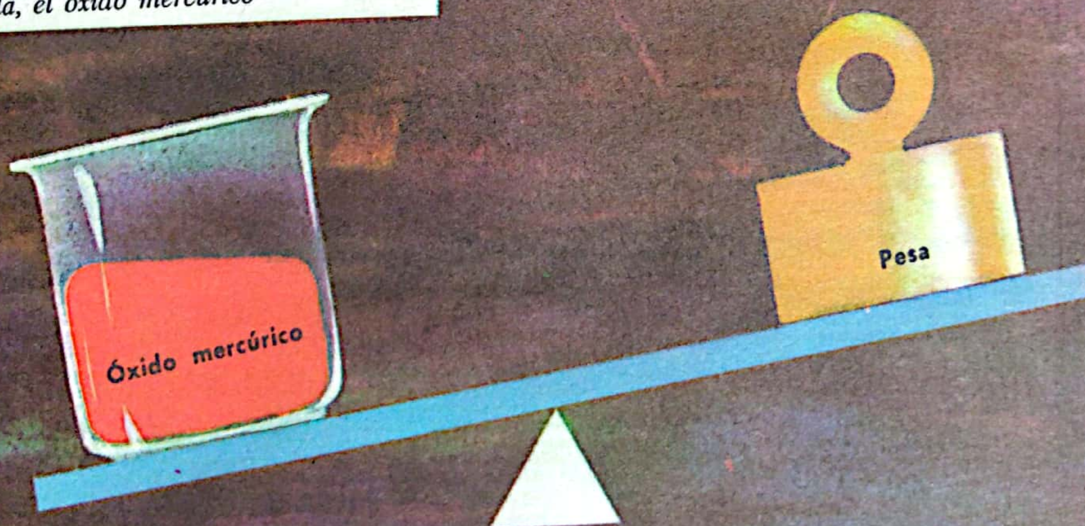
Cincuenta años después de que Gassendi había despertado el interés de todos, Roberto Boyle, un investiga-





Al calentarse, el mercurio se combina con el oxígeno que hay en la atmósfera

Boyle comprobó que el calor producía c a m b i o s químicos. Aquí, el mercurio se calienta y se combina con el oxígeno para formar una substancia más pesada, el óxido mercúrico



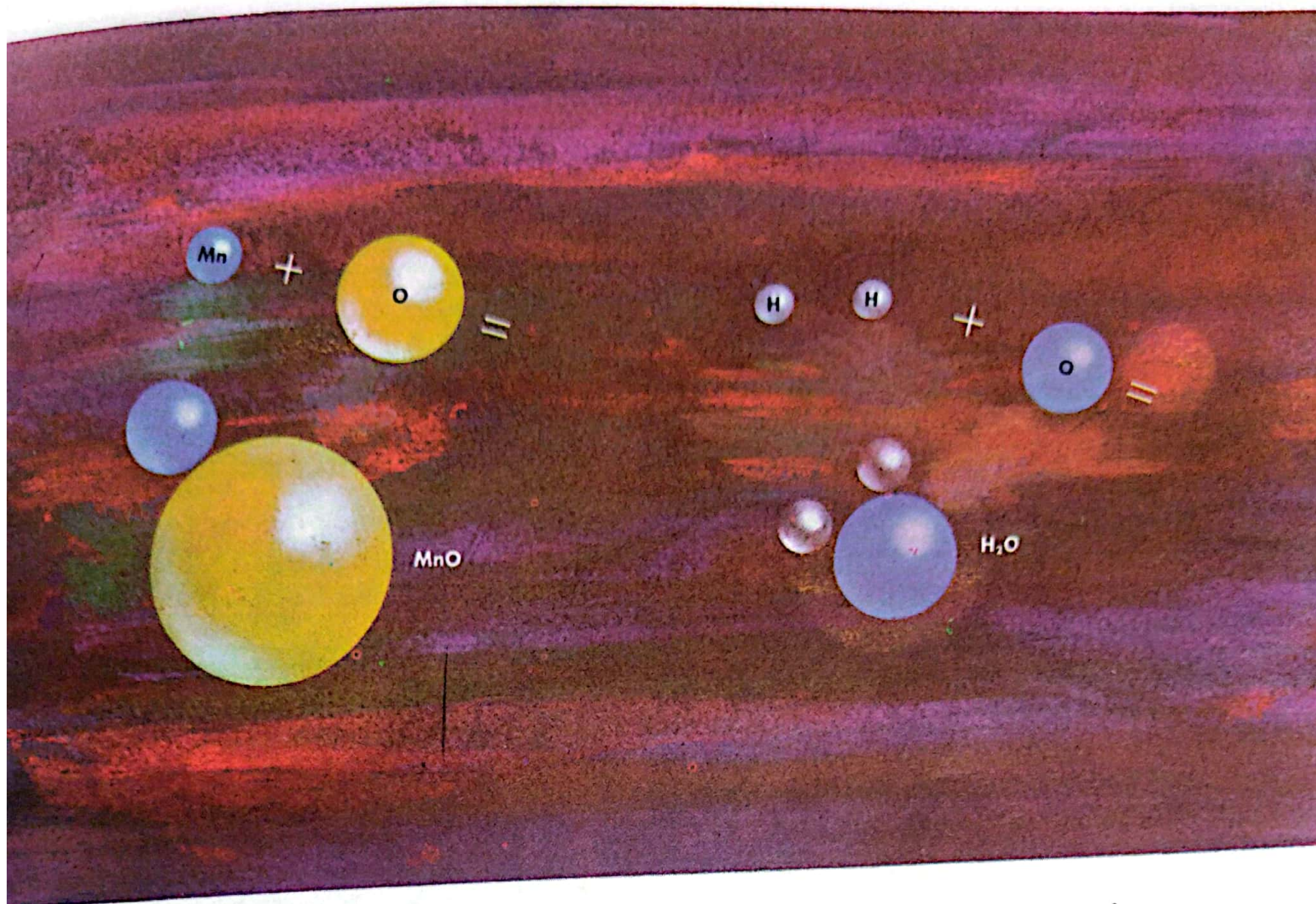
dor irlandés, aportó nuevas ideas acerca del misterio del átomo. Combinó la teoría de Aristóteles de la existencia de los elementos con los métodos de prueba de los alquimistas, quienes habían intentado infructuosamente obtener oro combinando metales más baratos. Boyle hizo aquellos experimentos, no porque quisiera hacerse rico, sino porque tenía el espíritu de curiosidad de un científico. Gradualmente, empezó a darse cuenta de que, así como existían ciertas substancias que no podían hacerse combinando otras, había muchas que sí tenían dicha propiedad. Por ejemplo, que el bronce se podía obtener fundiendo juntos el cinc y el cobre; que las sales se podían producir combinando los ácidos con los álcalis; que otras substancias se podían separar para obtener substancias más simples; y que lo mismo era cierto respecto del cobre y del mercurio. ¿A qué se debía ese fenómeno? ¿Sería acaso porque había substancias más simples que otras? Boyle llegó a la asombrosa conclusión de que todos los objetos existentes en la naturaleza estaban hechos de un número limitado de substancias simples, y a éstas, les dio el antiguo nombre griego: elementos.

Pero lo que era un elemento, debía ser determinado por experimentos químicos, no por la filosofía, como Tales de Mileto y Aristóteles habían intentado hacerlo. Todas las substancias que no eran elementos, incluyendo el aire y el agua, debían estar integradas por elementos distintos, combinados o mezclados.

Fue una teoría brillante y, además, era cierta. La química, después de la época de Boyle, tuvo que enfrentarse con muchos misterios insondables, pero marchaba ya por el camino recto.

Estos elementos eran conocidos en la época en que vivió Boyle

Elementos conocidos, año 100 a. de C.	Elementos agregados, hacia 1600	Fósforo, descubierto por Brandt en 1669
Oro		
Plata	Cinc	
Estaño	Antimonio	1674: Mayow comprobó que el aire está formado de dos componentes
Plomo	Bismuto	
Cobre	Arsénico	
Mercurio		
Hierro		
Carbono		1700: Hidrógeno
Azufre	Referencia hecha en 1557 a un "metal insoluble", el platino (entonces sin nombre)	

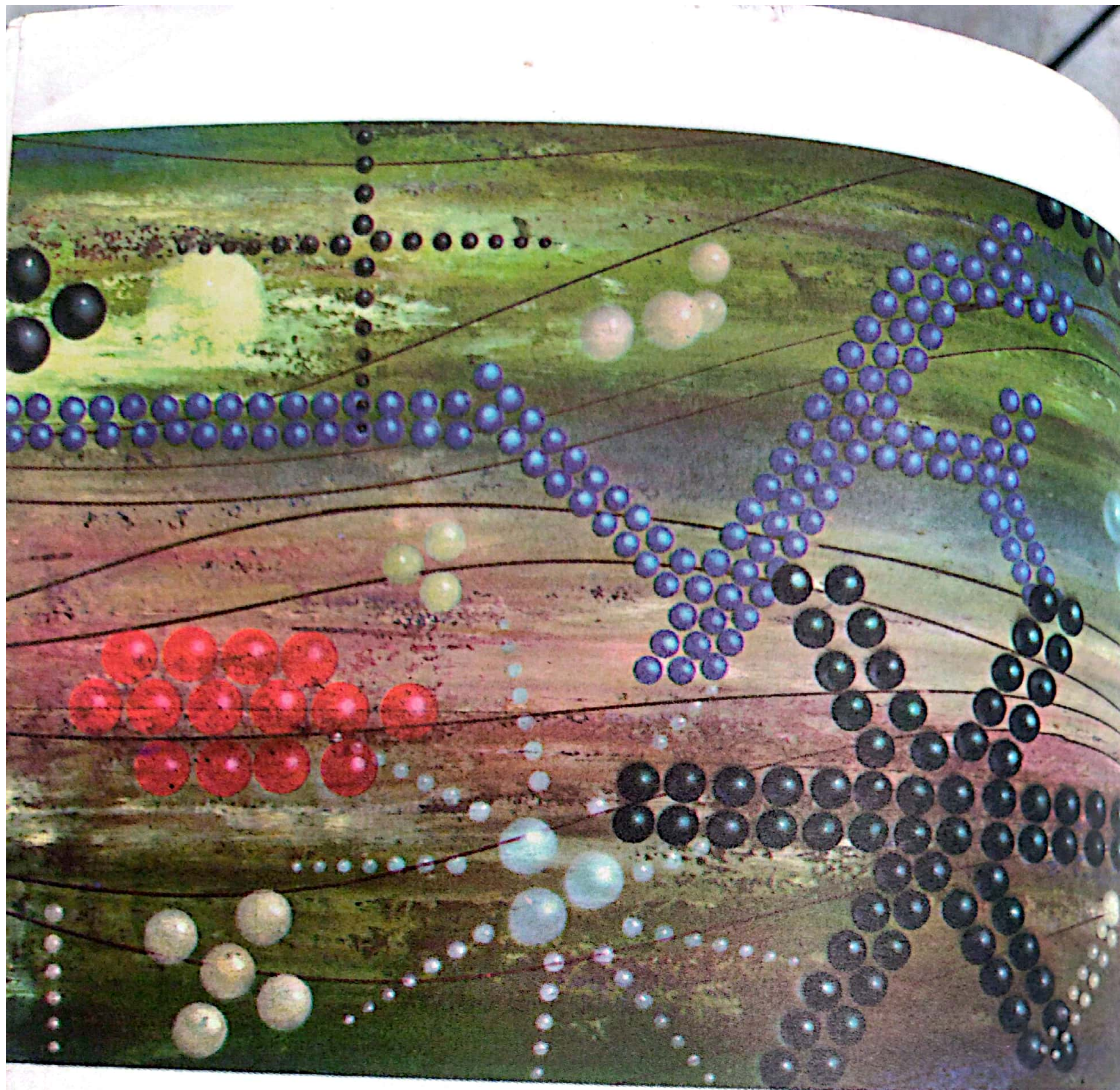


Al unirse los elementos forman nuevas substancias: el manganeso y el oxígeno forman óxido de manganeso (MnO); el hidrógeno y el oxígeno forman agua (H_2O)

Dalton Encuentra la Clave

Una vez que Boyle hubo mostrado el camino, hubo una efervescencia de actividad científica en toda Europa. Muchos elementos nuevos surgieron. Cavendish y Priestley descubrieron el hidrógeno y el oxígeno. Lavoisier, de nacionalidad francesa, encontró el nitrógeno; Scheele, un alemán, descubrió el cloro. Al contrario del oro, de la plata, del azufre, del fósforo y de otros elementos identificados por Boyle, todos los cuales eran sólidos, estos nuevos elementos eran gaseosos: algunos incoloros e invisibles; otros, como el cloro, eran de olor irritante y color peculiar.

También se descubrió que cuando dos de esos gases, el hidrógeno y el oxígeno, se combinaban, se obtenía agua, la cual era un líquido. Y lo que era lo más asombroso, siempre se combinaban exactamente en las mismas proporciones, es decir, que para transformar el hidrógeno en agua, debían



Los átomos de un elemento son iguales entre sí, pero son distintos a los átomos de los otros elementos

combinarse un kilogramo de hidrógeno y ocho kilogramos de oxígeno. Por lo tanto, el agua pura siempre tenía la misma composición: ocho partes (en peso) de oxígeno y una (en peso) de hidrógeno. Este mismo patrón se observó cuando otros elementos se mezclaban para formar combinaciones o compuestos, como después se les llamó. Cuando el sodio y el cloro se combinaban para formar sal, o el carbón y el oxígeno se unían para formar bióxido de carbono, la proporción en que intervenían cada uno de los elementos era siempre constante, es decir, la misma.

Pero, ¿por qué? ¿Qué fenómeno asombroso ocurría cuando el oxígeno se unía con el hidrógeno? Los químicos podían mezclar otros elementos, digamos, el hidrógeno y el cobre, y no obtenían absolutamente nada. Los

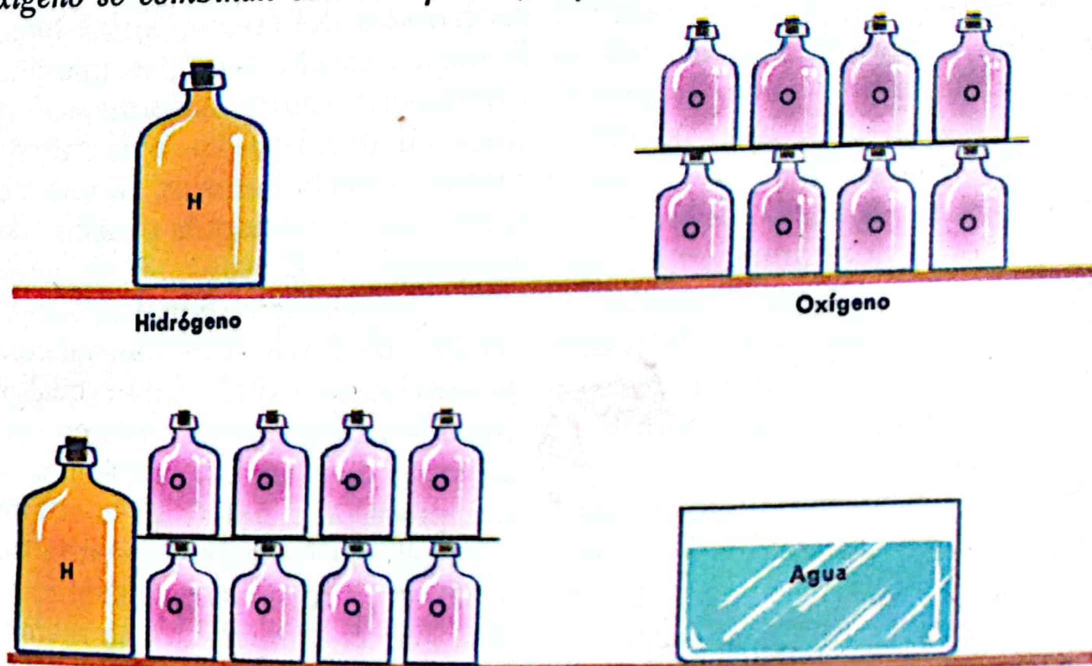
descubrimientos se habían sucedido en abundancia y en forma rápida, pero ninguno de ellos tenía sentido. En alguna parte debía estar la clave; una explicación que permitiera reunir todos los pedazos y juntarlos.

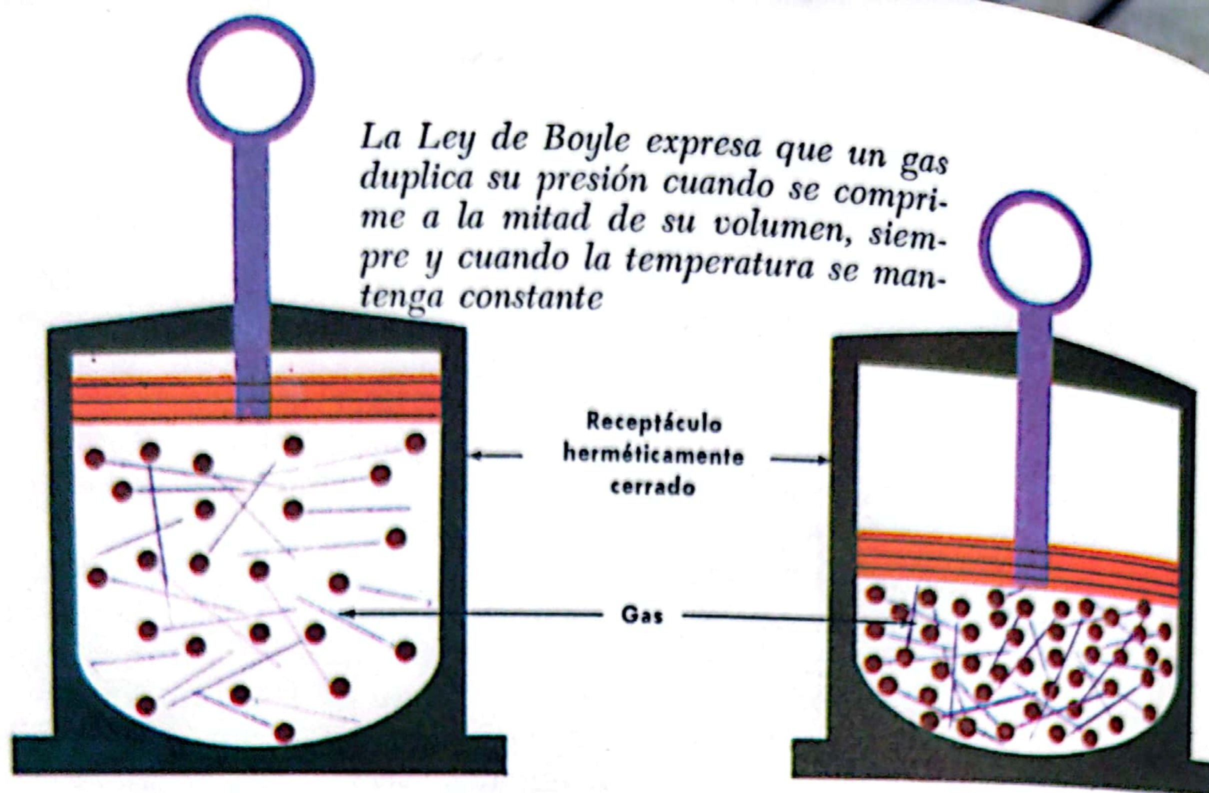
Juan Dalton, un profesor inglés, fue quien dio la clave. La explicación era el átomo; la antigua teoría de Demócrito.

Dalton sabía que cuando varios elementos se observaban al microscopio, aparecían en diversas formas cristalinas. Los cristales del oro siempre eran iguales, los del cobre también lo eran, pero los cristales del oro y del cobre eran muy distintos entre sí. Por lo tanto, llegó a la conclusión de que los átomos de estas substancias debían tener las mismas características: todos los átomos del oro tenían parentesco, al igual que los del cobre, pero dos clases distintas de átomos no presentaban similitud entre sí.

Los compuestos, como el agua, debían ser agrupaciones regulares de átomos, pero de distinta clase. El agua sería entonces una combinación de átomos de oxígeno y de hidrógeno. Y, dijo Dalton, la razón de que ocho gramos de oxígeno siempre se combinan con un gramo de hidrógeno, debe ser que ocho gramos de oxígeno deben tener el mismo número de átomos que uno de hidrógeno. Por lo tanto, concluyó Dalton, el agua consta de un número incalculable de átomos dobles: un átomo de hidrógeno combinado con uno de oxígeno, siendo este último ocho veces más pesado que cada uno de los átomos de hidrógeno. Era una idea sencilla y maravillosa. Sin este impulso, dado en la dirección adecuada, la ciencia aún estaría dando traspiés en un camino de confusión. Por haber formulado esta teoría, a Dalton se le considera el fundador de la moderna teoría atómica.

Juan Dalton descubrió que cada átomo del elemento oxígeno era ocho veces más pesado que uno del elemento hidrógeno. Por lo tanto, ocho partes (en peso) de oxígeno se combinan con una parte (en peso) de hidrógeno, para formar agua





"Las Pequeñas Masas" de Avogadro

Había una posibilidad de error en la teoría de Dalton. Él había calculado que los átomos de oxígeno pesaban ocho veces más que los de hidrógeno, y que en el agua, los números de las dos clases de átomos eran iguales. Pero supongamos que el oxígeno pesa, digamos, treinta y dos veces más que el hidrógeno. Entonces, debería haber *cuatro* átomos de hidrógeno por cada uno de oxígeno para explicar la proporción de ocho a uno. Esto no era imposible: la proporción de uno a uno era, en particular, incierta, debido al hecho de que en determinados casos existían dos elementos que formaban varios compuestos diferentes: la proporción de uno a uno obviamente no podía ser exacta ni aplicable para todos los elementos.

Nadie conocía los verdaderos pesos relativos de los átomos de diversos elementos, y nadie podía decir categóricamente cómo los átomos se agrupaban en los compuestos.

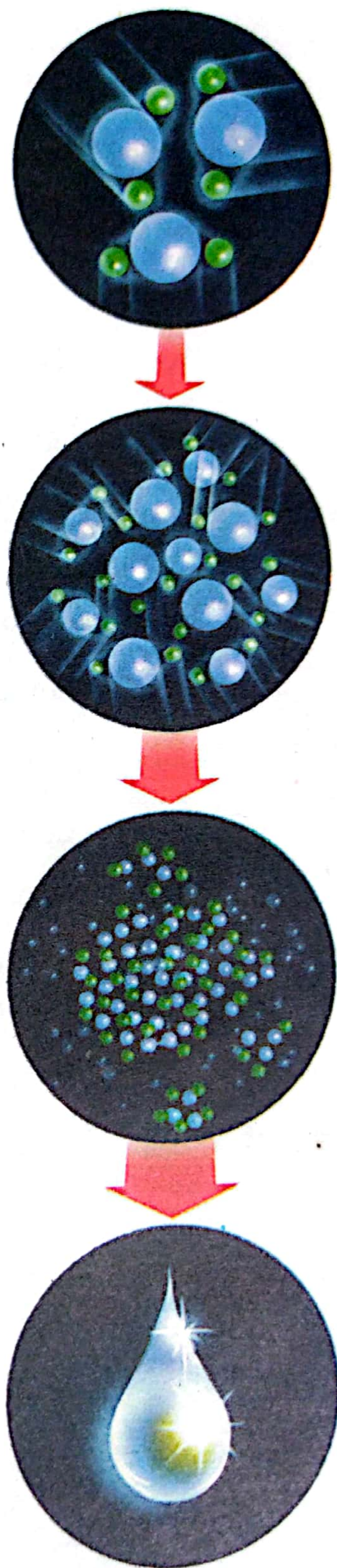
Este problema fue finalmente resuelto en 1811 por Amadeo Avogadro, un gran físico italiano. Muchos años antes, Roberto Boyle había hecho un descubrimiento interesante: supongamos que un gas, como el hidrógeno o el oxígeno, se coloca en una botella. El gas ejercerá una ligera presión contra las paredes del frasco. Ahora bien, si la misma cantidad de gas, mantenida a una temperatura uniforme, se introduce en una botella de la mitad de tamaño que la anterior, se encuentra que el gas ejerce doble presión contra las paredes del recipiente.

A este principio se le dio el nombre de Ley de Boyle. En lenguaje común y corriente, expresa que cualquier cantidad de gas encerrada en un recipiente duplicará su presión si se le comprime a la mitad de su volumen, la triplicará en la tercera parte de su volumen, y así indefinidamente, siempre que la temperatura se mantenga constante en cada caso.

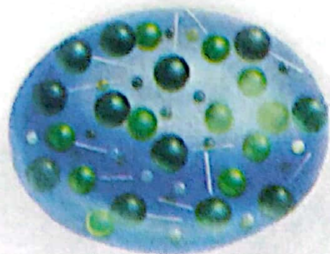
Al aplicar la Ley de Boyle como base de sus experimentos, Avogadro hizo una inspirada conjetura: si *dos* gases se colocan en unos recipientes del mismo tamaño y se someten a una temperatura uniforme, y se ejerce la misma presión, entonces, debe haber el mismo número de partículas gaseosas en cada frasco. Según esto, para averiguar cuánto pesaba un átomo de oxígeno comparado con uno de hidrógeno, pesó cantidades iguales de oxígeno y de hidrógeno y calculó, por este nuevo método, el peso de cada uno de estos elementos.

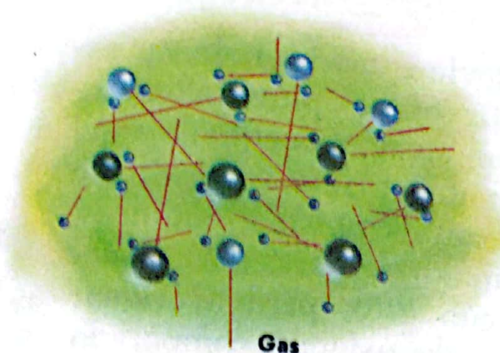
El oxígeno pesaba dieciséis veces más que el hidrógeno, y para hacer agua (con ocho veces más de oxígeno, en peso, que de hidrógeno), *dos* átomos de hidrógeno tenían que unirse con *un* átomo de oxígeno. Los químicos abrevian los nombres de los elementos identificándolos por sus iniciales; el oxígeno y el hidrógeno se conocen por las letras O y H, respectivamente. Dalton había sugerido que el agua estaba hecha de HO, expresando un átomo de H y uno de O. Ahora, Avogadro había descubierto que la fórmula correcta era H_2O. La agrupación de los átomos era más compleja de lo que Dalton había pensado. Y se descubrió mucho después que en ciertos compuestos era aún más compleja. Una molécula de azúcar, por ejemplo, se compone de cuarenta y cinco átomos: doce de carbono (C), veintidós de hidrógeno (H) y once de oxígeno (O). Escrito en forma científica, esto es: $C_{12}H_{22}O_{11}$. Semejantes racimos de átomos necesitaban un nombre, y Avogadro lo acuñó: "moléculas" o "masas pequeñas".

Por fin, los hombres empezaban a descubrir las respuestas a la pregunta: "¿De qué y de qué modo está hecho el mundo?" Toda la materia está formada de elementos y compuestos. Los elementos están constituidos de moléculas y átomos. Los compuestos están formados de clases diferentes de átomos, agrupados en moléculas.



Las diminutas fuerzas electromagnéticas que actúan entre las moléculas del vapor de agua obligan a que millares de ellas se agrupen para formar gotas visibles de agua





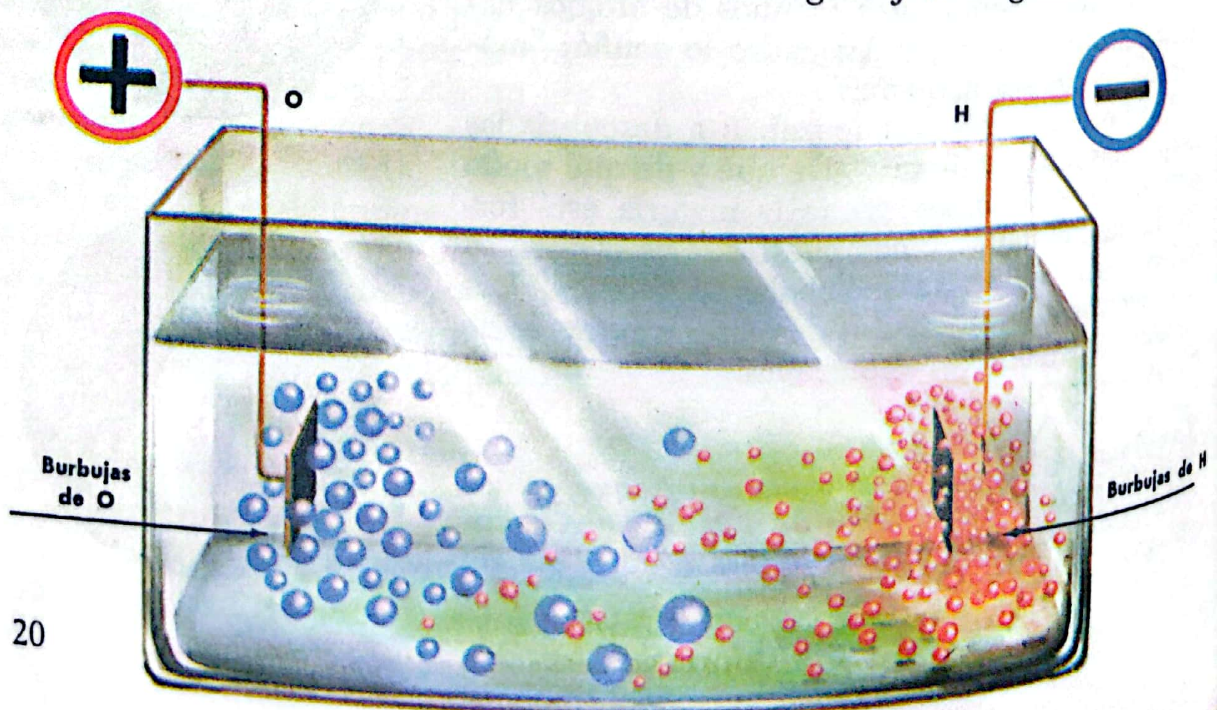


Las Partículas Eléctricas

En los cincuenta años siguientes a los experimentos de Avogadro, se supo mucho acerca de la química y de la física. Se descubrió que tanto los átomos como las moléculas están en continuo movimiento; efectúan grandes recorridos en los líquidos y en los gases y vibran apenas en los sólidos. Muchos nuevos elementos fueron descubiertos. Cada uno, por supuesto, tenía su propio átomo, y cada cual tenía un peso distinto al de los demás.

Sin embargo, muy poco se hizo durante ese tiempo para explorar más profundamente en la estructura básica y en la función interna del átomo. De pronto, la investigación del átomo empezó a desarrollarse rápidamente. En el año 1900, los hombres de ciencia conocían la fuerza que hacía que los átomos se mantuvieran agrupados en moléculas. Avanzaban ahora dentro de campos más nuevos e interesantes, en forma tan rápida, que los experimentadores apenas se podían

La electricidad puede hacer que se desprendan de las moléculas de agua los átomos de hidrógeno y de oxígeno



mantener al tanto de los conocimientos de los demás.

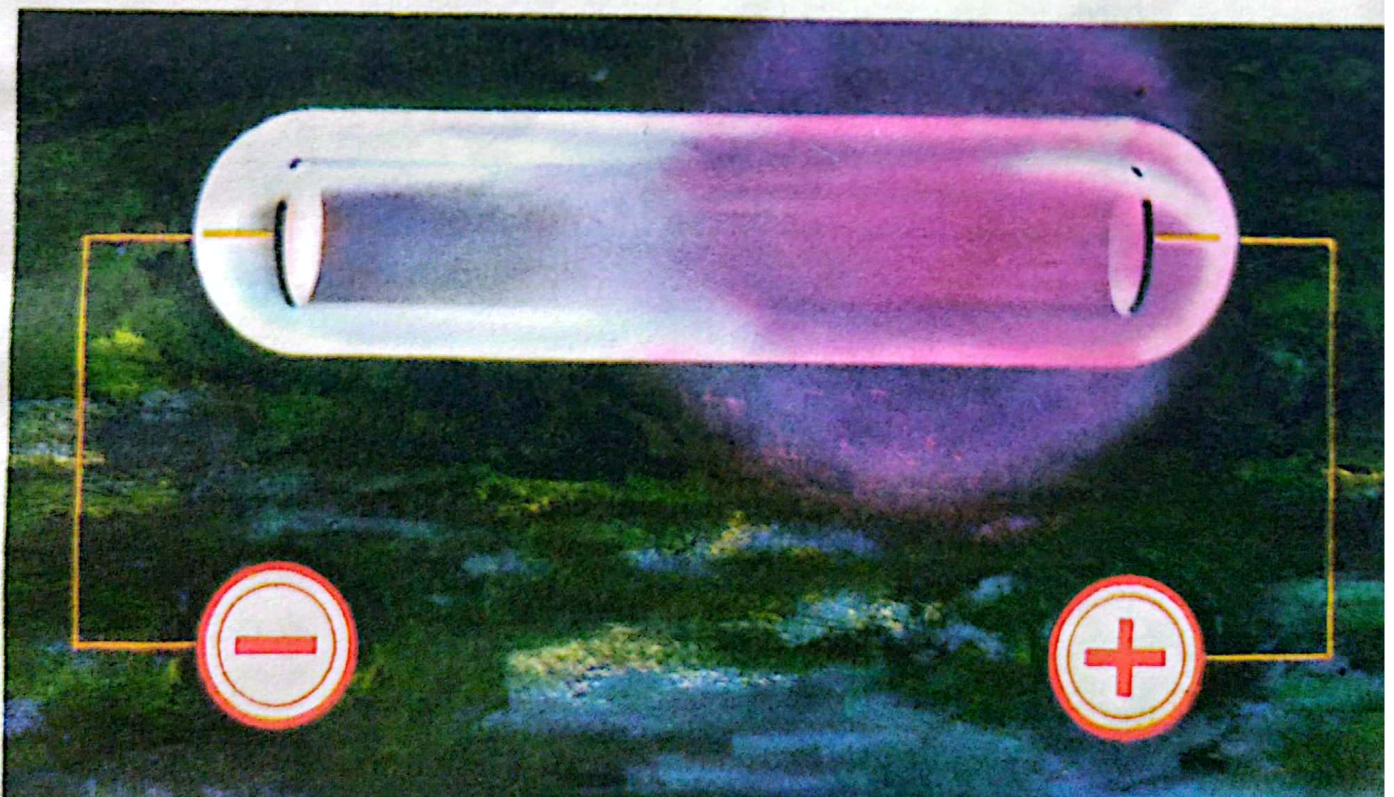
En el fondo de este avance repentino yacía una fuerza que había sido conocida antes que el propio átomo: la electricidad. Fue Tales de Mileto el que le dio nombre a la electricidad. Tales había observado que, al frotar el ámbar, una substancia resinosa amarilla, se producía una fuerza capaz de atraer pequeñas partículas de tela y de otros materiales hacia el ámbar. Tales llamó electricidad a esa extraña fuerza, palabra que en griego significa fricción, *elektron*.

Posteriormente, los hombres de ciencia descubrieron que muchos otros objetos podían producir la misma atracción cuando se frotaban unos con otros. Además, averiguaron que aquello que causaba dicha atracción —lo que fuera la electricidad— podía conducirse a lo largo de un alambre. Descubrieron también otro extraño fenómeno: a veces, en vez de atraerse la una a la otra, las substancias que contenían electricidad se repelían, es decir, se rechazaban. Benjamín Franklin, el que no sólo fue un propulsor de la independencia americana, sino el primer científico famoso de América, llegó a la conclusión de que había dos clases de electricidad. A una, la llamó "negativa" y a la otra "positiva". Las substancias con cargas de electricidad negativa se rechazaban entre sí, e igual sucedía con dos substancias con cargas positivas. Pero una carga negativa y otra positiva se atraían una a la otra.

Franklin también trató de averiguar qué originaba las fuerzas eléctricas. "Quizá —dijo— la electricidad es una clase de materia y tal vez la materia eléctrica está formada de partículas."

Casi cien años después de la muerte de Franklin, la primera prueba llegó en la forma de un asombroso descubrimiento. Si las terminales positivas y negativas se colocaban en una solución de agua con sal, las burbujas de hidrógeno se desprendían de

La electricidad que pasa a través de un tubo al vacío produce un extraño brillo en uno de sus extremos



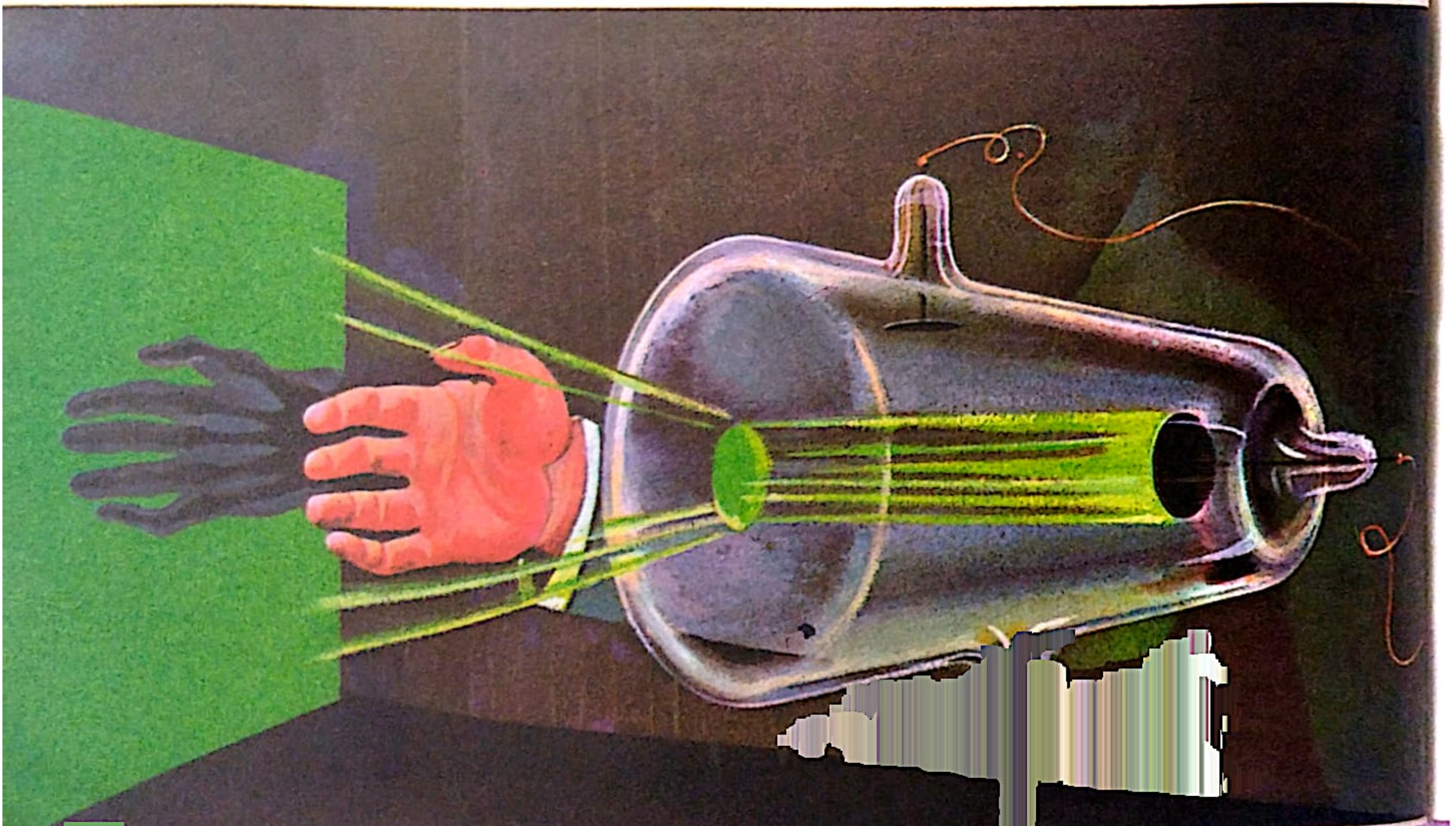
la terminal negativa y las de oxígeno de la terminal positiva, y después de un rato, el agua desaparecía. La electricidad separaba las moléculas del agua, disociando sus átomos y descomponiendo el agua en los elementos que la constituyen: hidrógeno y oxígeno.

La corriente eléctrica anulaba, en alguna forma, lo que mantenía unidas las moléculas. Desde los descubrimientos de Dalton, los hombres de ciencia habían estado preguntándose acerca de la fuerza que mantenía unidos los diferentes átomos de una molécula. Ahora, parecía que aquella fuerza era la electricidad. Por vez primera, los investigadores empezaron a pensar que el átomo podía contener cargas eléctricas. Los átomos en sí son neutros: no contienen carga positiva ni negativa. Pero en su interior existen ambas clases de electricidad, claro está que en cantidades iguales.

A fines del siglo XIX, los científicos empezaron a experimentar, haciendo pasar corrientes eléctricas por un tubo de vidrio, del cual habían extraído previamente el aire. Obtuvieron resultados curiosos. En primer lugar, un extraño brillo aparecía en uno de los extremos del tubo. Unos rayos de cierta clase brotaban de la punta del alambre (llamado electrodo) situado en un extremo, e iluminaban el vidrio en el otro extremo. Además, pronto fue evidente que aquellos rayos no eran luminosos como los que conocían. Un imán colocado junto al tubo los hacía cambiar de dirección, y los imanes no tienen poder de atracción sobre la luz. Aquéllas debían ser partículas con carga: las mismas partículas de electricidad de que Franklin había hablado hacía más de cien años. Los hombres de ciencia los llamaron "electrones".

Más tarde se descubrió que algunos tubos producían otros rayos que no podían ser desviados por un imán.

Los huesos de la mano de Roentgen se hicieron visibles bajo los extraños rayos X





El uranio despide rayos, los cuales, al igual que los rayos X, velan la película de papel fotográfico

Un día, en 1895, un científico alemán llamado Guillermo Roentgen experimentaba con los rayos de electrones, cuando observó que una pantalla de papel, colocada cerca del tubo, se iluminaba con un brillo fluorescente. Roentgen interpuso la mano entre los rayos y la pantalla. Para su asombro, la sombra de su mano no apareció como la esperaba, sino que se veían los huesos. Unos rayos invisibles atravesaban la carne e iluminaban la pantalla, pero una buena cantidad de ellos eran detenidos por los huesos para producir una sombra clara de la parte ósea de la mano. Roentgen había descubierto los rayos X.

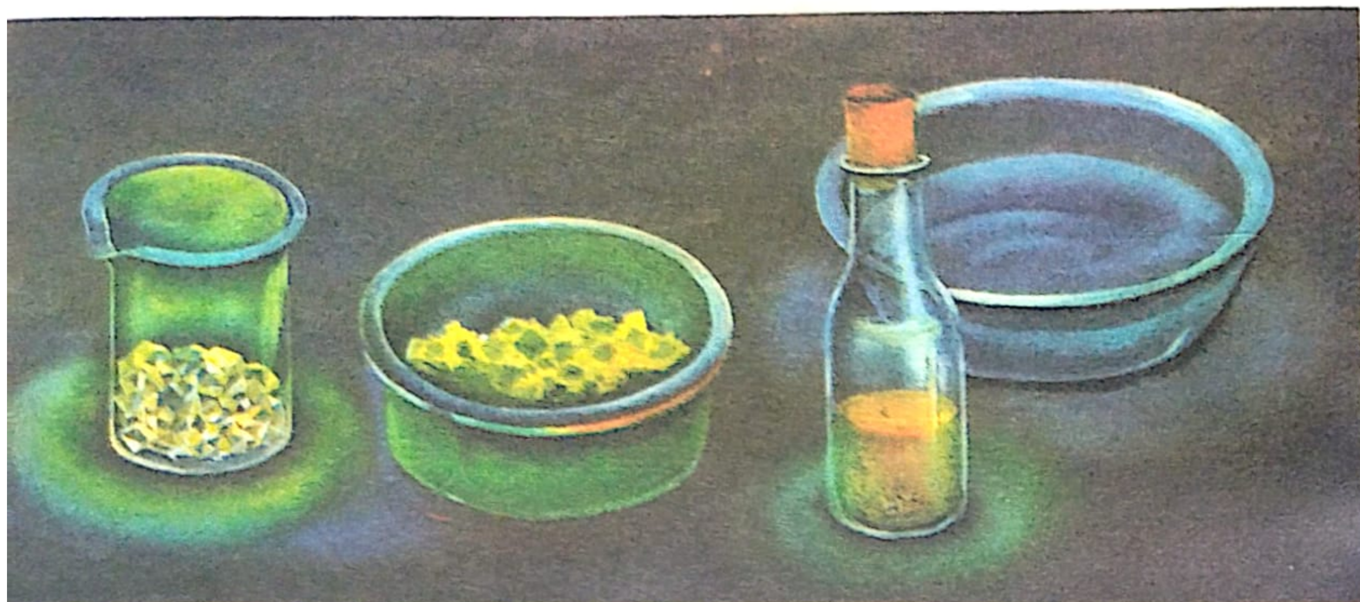
El descubrimiento de Roentgen revolucionó el diagnóstico de las enfermedades del hombre. El mundo de la medicina apreció rápidamente la gran ventaja de poder observar la posición de los huesos y los órganos humanos, sin tener que recurrir a la cirugía.

Además de reproducir una imagen en la pantalla, los rayos Roentgen podían imprimir una foto sobre el papel fotográfico.

Poco después del descubrimiento de los rayos X, Enrique Becquerel, un científico francés, hizo otro descubrimiento importante. Becquerel se había interesado por un elemento relativamente poco conocido, llamado uranio, porque poseía ciertas propiedades peculiares, las cuales le hacían pensar que tenían relación con los rayos X de Roentgen.

En aquella época se sabía que, cuando el uranio se agregaba a otras substancias para formar sales de uranio, las sales despedían un leve brillo o fluorescencia, durante unos instantes, al exponerlas a la luz solar. Becquerel descubrió que el uranio, así como todos sus compuestos, despedían rayos, los que, al igual que los rayos X, velaban el papel fotográfico aunque estuviera envuelto. Además, ofrecía otro detalle curioso: era un elemento que despedía rayos, sin razón aparente.

Becquerel había descubierto la radiactividad, aunque tuvieron que pasar muchos años antes de que el proceso fuera cabalmente comprendido. Sin embargo, en la época de Becquerel, aquel descubrimiento fue otro paso en la marcha hacia la Era Atómica.



Los esposos Curie purificaron muestras de mineral de uranio, hasta obtener sólo una pequeña cantidad de uranio puro

Un Nuevo Elemento Fascinante

Enrique Becquerel hizo otro descubrimiento casi tan importante como el de haber observado los rayos que despedía el uranio. Cuando probó el mineral del que se obtenía el uranio, observó que desprendía una radiación más fuerte que el uranio puro. Ningún elemento, de los que se conocían entonces, emitía tales rayos. Podía, por lo tanto, ser un elemento desconocido que se encontrase entre el mineral de uranio, y uno que ofrecía posibilidades fascinantes. Pero existía una enorme dificultad: ningún análisis químico, efectuado hasta entonces, había revelado la presencia de aquel misterioso elemento.

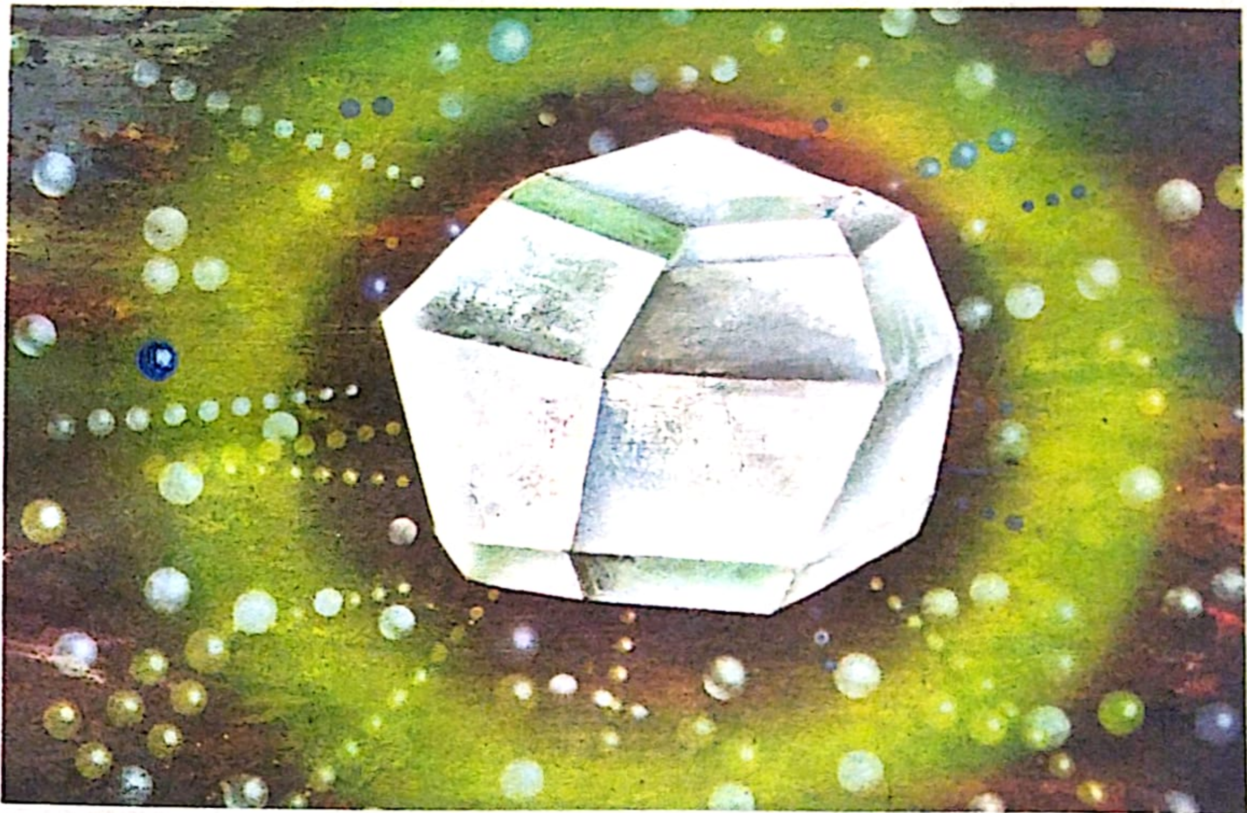
La búsqueda, una de las más dramáticas en la historia de la ciencia, fue encabezada por una pareja de investigadores: el físico francés Pedro Curie y su esposa María, de nacionalidad polaca. Los dos consiguieron una tonelada del mineral de Becquerel y empezaron a hacer ensayos. Comprobaron y descartaron muestra tras muestra, extrayéndole sus impurezas, tratando de eliminar todo, excepto la parte del mineral que emitía radiactividad. Trabajaron paciente y laboriosamente, hasta que habían ensayado con casi toda la tonelada del mineral. Poco después, no quedaba sino una pequeña cantidad del elemento llamado bismuto, el cual contenía ciertas impurezas. Las propiedades químicas del bismuto eran bien conocidas: eran las impurezas las que atraían el interés de los esposos Curie.

Una de las impurezas resultó ser un nuevo elemento radiactivo, el cual, tal y como Becquerel lo había predicho, despedía mayor radiación que el uranio. María Curie le dio el nombre de polonio, en honor de su patria. Era un descubrimiento maravilloso, pero sólo aumentaba su curiosidad, pues los residuos del mineral descartado despedían más radiaciones que el propio polonio.

Por fin, casi cuatro años después de iniciarse la búsqueda, los dos científicos encontraron la substancia misteriosa: un elemento tan poderoso que, cuando Becquerel se lo echó en el bolsillo, sufrió una grave quemadura. Debido a sus rayos, los esposos Curie llamaron radio al nuevo elemento. Su larga y minuciosa búsqueda en una tonelada de mineral había producido sólo unos cuantos cristales de la substancia, casi tan pocos como los que se obtienen al sacudir una sola vez un salero.

En los años que siguieron, se encontraron muchas aplicaciones para el radio. Una de sus propiedades físicas era que permanecía más caliente que el medio que lo rodeaba, es decir, que no sólo emitía radiaciones, sino que desprendía calor. Algún día, los hombres de ciencia hallarían la explicación de ese calor misterioso, y su hallazgo conduciría a nuevos y asombrosos descubrimientos.

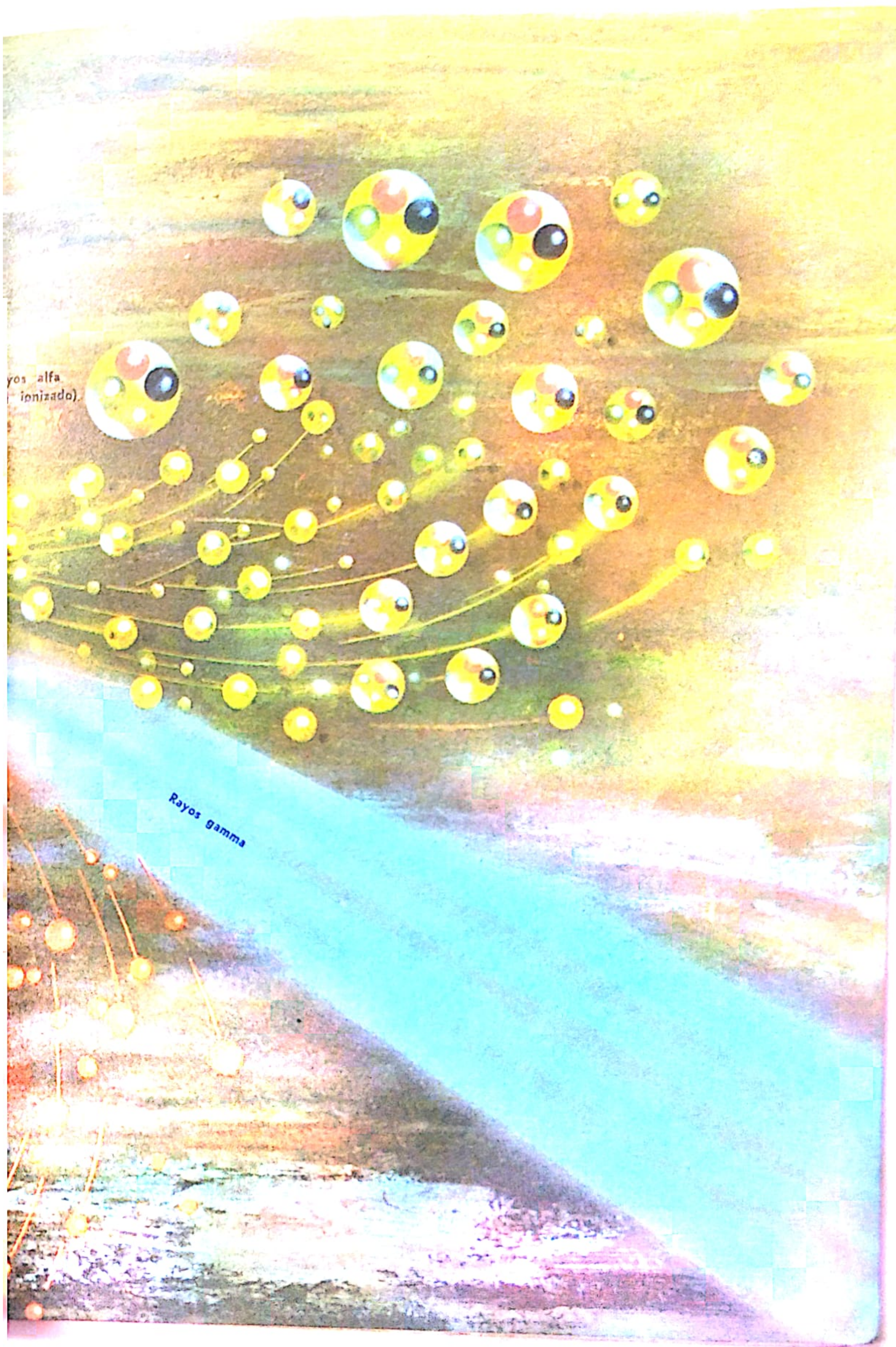
Amplificado miles de veces su tamaño, un cristal de radio presenta este aspecto





El Átomo Divisible

Al usar el radio, con sus potentes rayos, los hombres de ciencia aprendieron muchas cosas que les intrigaban. La más importante se refería a los propios rayos. Los investigadores pusieron un trozo de radio en una caja de plomo en la que había un diminuto agujero. Los rayos no atravesaban el plomo, pero una porción de ellos escapaba continuamente por el agujero. Al igual que los rayos de la electricidad circulando dentro de un tubo en el cual se había hecho el vacío, los rayos del radio se desviaban ante la presencia de un imán, o por lo menos, algunos lo hacían; otros, se desviaban en la dirección opuesta, y


yos alfa
ionizado).
Rayos gamma

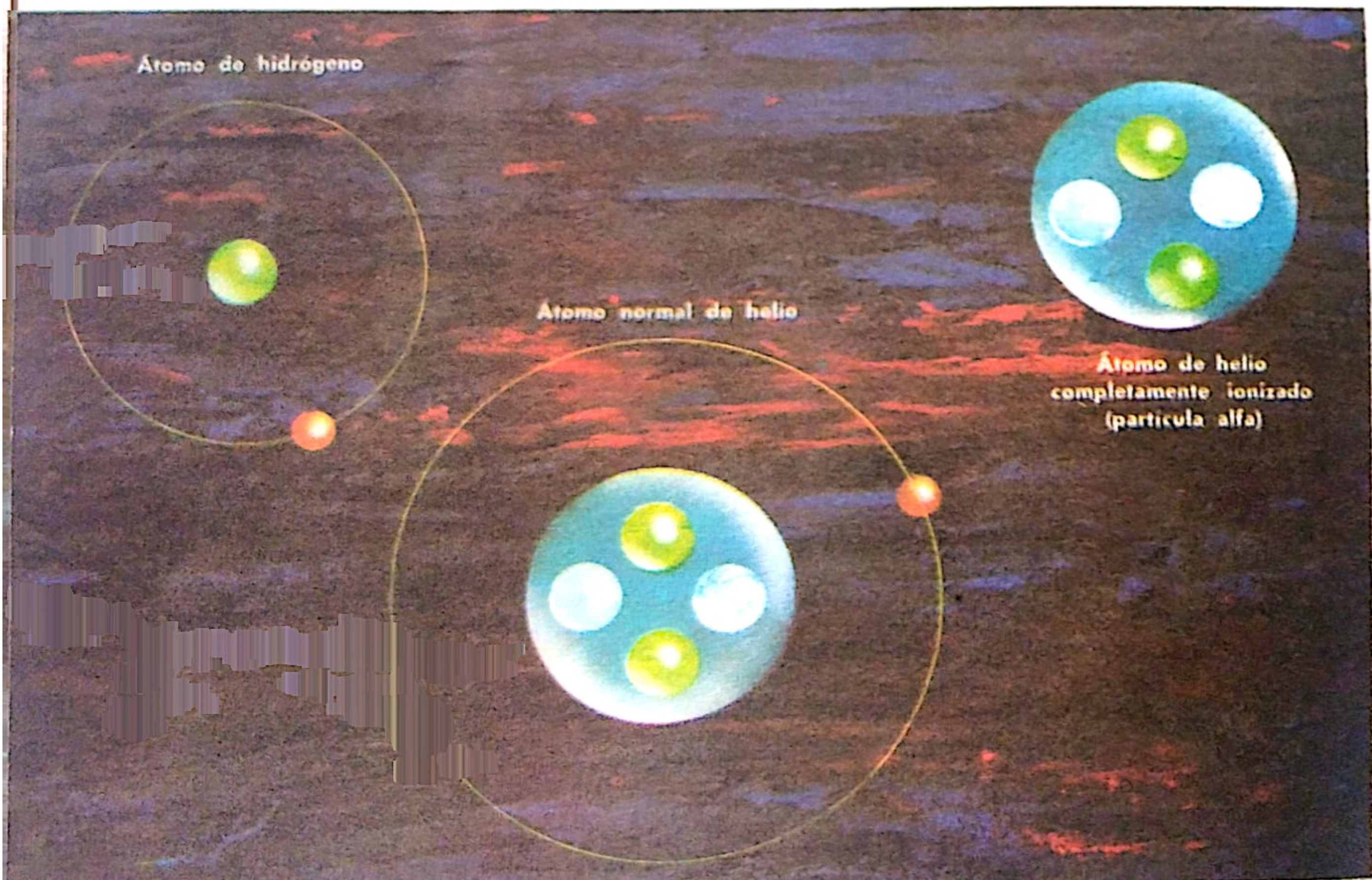
otros más avanzaban sin desviarse, como si no existiese el imán.

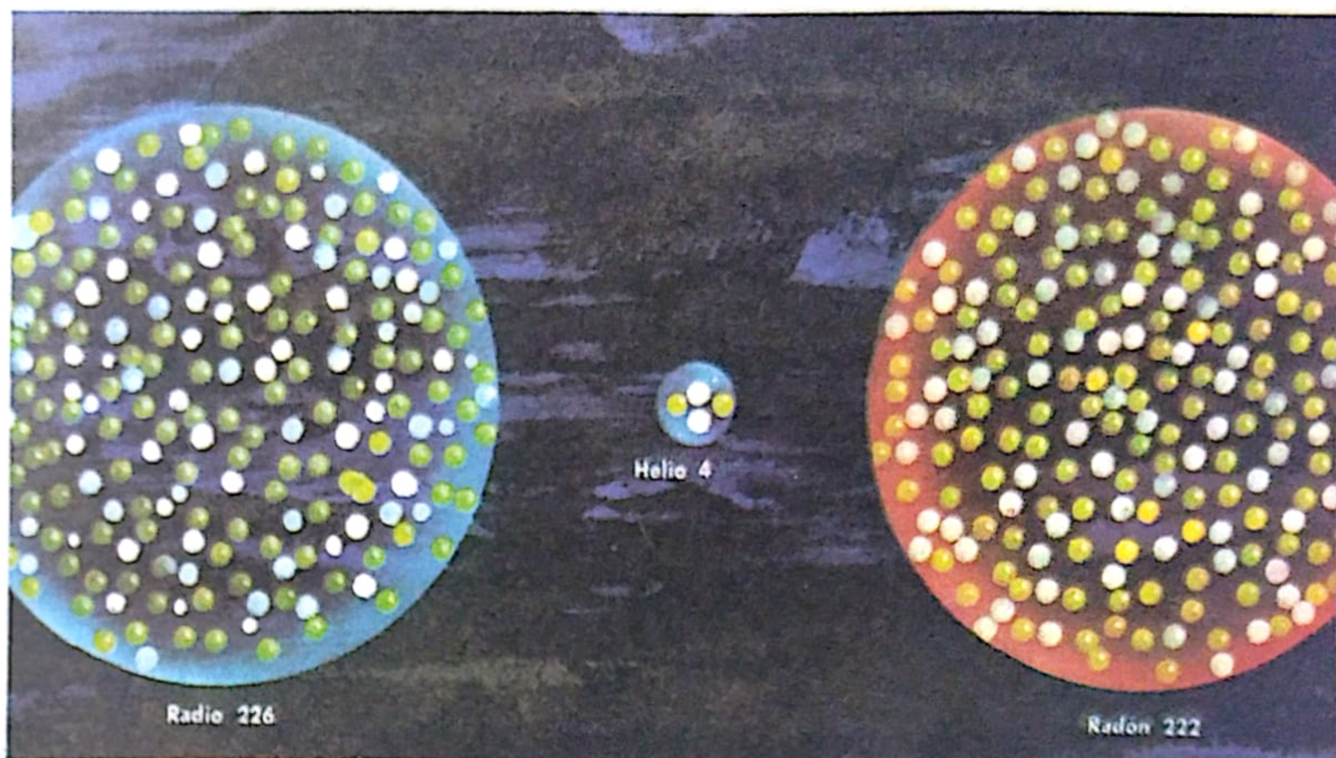
Las dos clases de rayos que se desviaban recibieron los nombres de las dos primeras letras del alfabeto griego: rayos *alfa* y rayos *beta*. A los rayos que no sufrían desviación alguna se les llamó rayos *gamma*, nombre de la tercera letra griega. Posteriormente las investigaciones demostraron que los rayos negativos, los *beta*, eran electrones, pero que se desplazaban más velozmente que cualesquiera de los rayos conocidos hasta entonces; y que los rayos *gamma*, al igual que los rayos X de Roentgen, avanzaban en línea recta sin sufrir alteración alguna por la fuerza magnética.

Los rayos *alfa* eran algo nuevo y enigmático. Eran comparativamente lentos y no podían penetrar tan profundamente como, por ejemplo, los rayos *gamma*. Nadie había visto nada que se les pareciera.

Finalmente, unos científicos encabezados por sir Ernest Rutherford, de Nueva Zelanda, y un inglés, Federico Soddy, encontraron de dónde procedían aquellos rayos, y, al lograrlo, identificaron al rayo *alfa*.

Un átomo ionizado de helio (derecha) *no tiene electrones que giren alrededor de su núcleo como los tiene un átomo normal de helio* (centro). A la izquierda, *se muestra, dibujado, para fines de comparación, un átomo de hidrógeno*





El radio se desintegra en helio y radón, los cuales suman juntos el mismo peso atómico

La radiactividad, el proceso que hace emanar los rayos, no era sino la desintegración de los átomos, dijeron los dos físicos. Esos átomos particulares estaban fuera de equilibrio, o, empleando el término científico, eran inestables, como una torre de naipes que tiene demasiadas cartas en uno de sus lados. Al igual que las torres de naipes, los átomos radiactivos se caían, y las tres clases de partículas se formaban cuando los átomos se desintegraban.

En cuanto a la naturaleza de la partícula *alfa*, la explicación era sencilla, pero sensacional a la vez. Se había encontrado que esa partícula pesaba cuatro veces más que el átomo de hidrógeno. El helio ionizado —un átomo que se ha convertido en una partícula ionizada— era precisamente lo que la partícula *alfa* resultó ser. El átomo de radio estaba produciendo un elemento totalmente diferente cada vez que emitía una partícula *alfa*. Y lo que era más, es que otro elemento —el que nunca antes se había descubierto— quedaba del elemento original. Cuando un átomo de radio se desintegraba, formaba un átomo de helio y un átomo del nuevo elemento, al que se le llamó "radón". El peso atómico del radio era 226; el del helio, 4, y el del radón, 222.

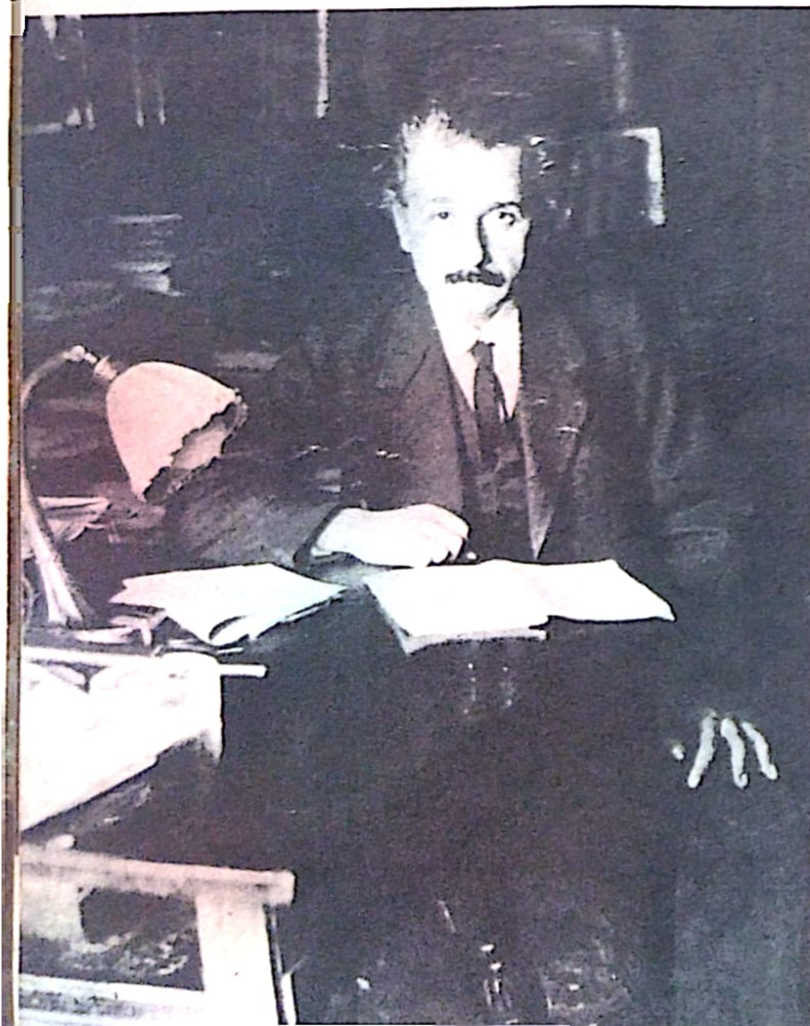
Fue entonces cuando los científicos comprendieron que al átomo lo habían estado llamando con un nombre erróneo durante muchos años. No era, como Demócrito lo había creído, un objeto diminuto que no podía ser dividido en partes más pequeñas. No sólo era posible dividir los átomos de radio, sino que era imposible evitar que ellos mismos se dividieran.



La Energía Proveniente del Átomo

En esta etapa, un destacado físico llamado Alberto Einstein entró en escena con una teoría que revolucionó la ciencia. Lo que hace que los motores funcionen, los árboles crezcan, los hombres caminen y las bombas estallen era conocido por los científicos como energía. La teoría de Einstein era sencilla: todos los objetos que hay en la Tierra contienen energía; y toda la materia y toda la energía son equivalentes, es decir, la materia es energía en estado estable.

Además, Einstein encontró la forma de calcular esa energía. Para determinar cuánta podía haber en un átomo, multiplicó la velocidad de la luz por ella misma, o sea, la elevó al cuadrado; luego, multiplicó el resultado obtenido por la masa del átomo. Cuando expresó su teoría por medio de una fórmula concisa, ésta resultó ser: $E=mc^2$, en la cual, *E* representa la "energía", *m* la masa en gramos y *c* la velocidad de la luz en centímetros por segundo. Al elevar a la segunda potencia la velocidad de la luz, ésta resulta ser aproximadamente de ... 900,000,000,000,000,000,000 cm^2/seg^2. Según dicha fórmula, veintiocho gramos de materia convertida en energía, mantendría encendida una bombilla de cien vatios durante un millón de años.



En otras palabras, Einstein mencionaba la energía atómica por vez primera.

Era aparente que una clase de átomo, por lo menos, estaba liberando un poco de su energía. El ligero ascenso de temperatura que había sido apreciado en el radio, significaba que la materia activa estaba en movimiento en el interior de la masa; y que la poca que había escapado en forma de radiación estaba generando calor, el cual es una forma de energía.

Fue en 1905 cuando Einstein dio el primer paso en el camino que llevaría a gobernar la energía atómica. Habían transcurrido 2.500 años para que la teoría de Demócrito se desarrollara y llegara a ese punto, y casi un siglo había pasado desde que Dalton empezara a explorarla científicamente.

Einstein fue el primer científico en comprender que la materia era energía "congelada"

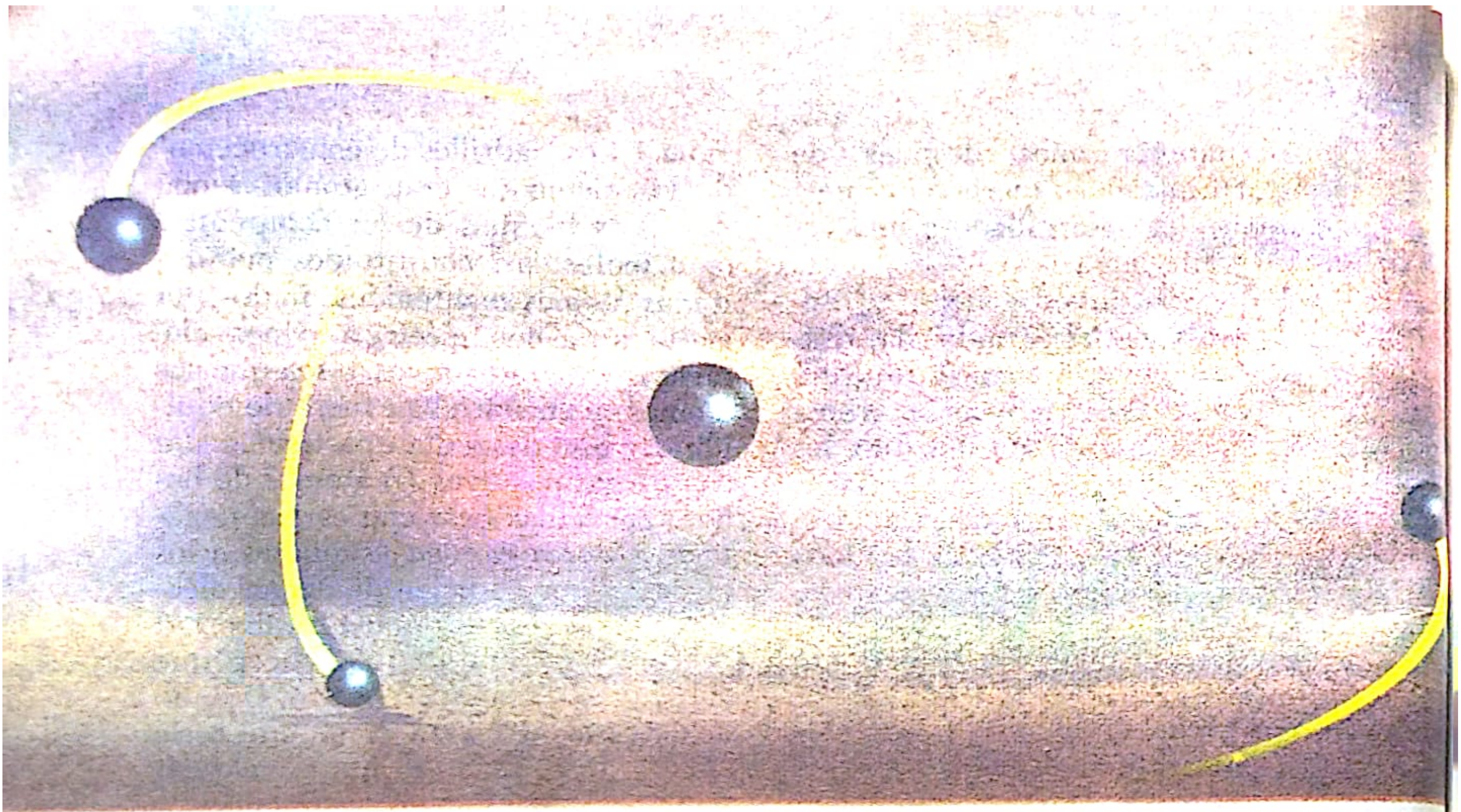
Pero, cuarenta años después de formular Einstein su teoría, la ciencia atómica se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa.

Mientras los investigadores se encaminaban hacia el período más dramático de la ciencia atómica, ¿qué era lo que en realidad conocían acerca del átomo? He aquí, nuevamente, los datos con los que tenían que trabajar.

Los hombres de ciencia habían descubierto que los sólidos, los líquidos y los gases, o todo, en otras palabras, era un elemento, la substancia más simple, o un compuesto, constituido por dos o más elementos. (O también una mezcla, en la cual dos o más elementos intervenían, pero que se mantenían separados, como la arena y el agua.) Los "ladrillos de construcción" de los elementos eran átomos sencillos. Los bloques de los compuestos eran moléculas, constituidos por dos o más átomos mantenidos unidos por cierta atracción eléctrica. Unos elementos eran radiactivos, o sea que sus átomos se encontraban fuera de equilibrio y que despedían partículas *alfa* con cargas positivas (o átomos de helio); partículas *beta* con cargas negativas, y rayos *gamma* (similares a los rayos X) que carecían de cargas eléctricas. Este proceso ponía en libertad energía y si era posible hacer que del átomo emanara energía cuando se deseara, la fuerza resultante sería mucho más potente que cualquier otra conocida hasta entonces.

Si un gramo de materia se transformara en energía, proporcionaría aproximadamente 1.000,000 de kilovatios durante un día o mantendría encendida una bombilla de 100 vatios durante 40,000 años





Un átomo está formado principalmente de espacio vacío

El Átomo Vacío

En 1911, sir Ernest Rutherford, el científico neozelandés, que había contribuido a explicar la radiactividad, intentó un experimento.

Rutherford colocó un trozo de radio en una caja de plomo, en la que previamente había hecho un agujero, y dispuso las cosas en forma tal, que un flujo constante de partículas *alfa* saliera por el agujero. De manera que interceptara dicho flujo, puso una pantalla de vidrio, tratada con substancias químicas fluorescentes, como lo hiciera Roentgen, para que al chocar las partículas contra ella, se iluminara. Entre la caja de plomo y la pantalla, en medio de la trayectoria seguida por las partículas, colocó una lámina de oro extremadamente delgada. No obstante su escaso grosor, éste parecía suficiente para detener las partículas *alfa,* como una pared detiene un chorro de agua, ya que estaba constituida por centenares de átomos. Pero aquello no dio el resultado que se buscaba: las partículas *alfa* atravesaron la laminilla, como si los átomos de oro no fueran sino espacio vacío.

Pero no todas las partículas lograron pasar. Rutherford colocó otra pantalla fluorescente en uno de los lados, y en ella aparecieron reflejados unos diminutos corpúsculos luminosos, señal evidente de que unas cuantas partículas rebotaban en los átomos de oro y formaban "chispas" en la pantalla lateral. Otras partículas rebota-

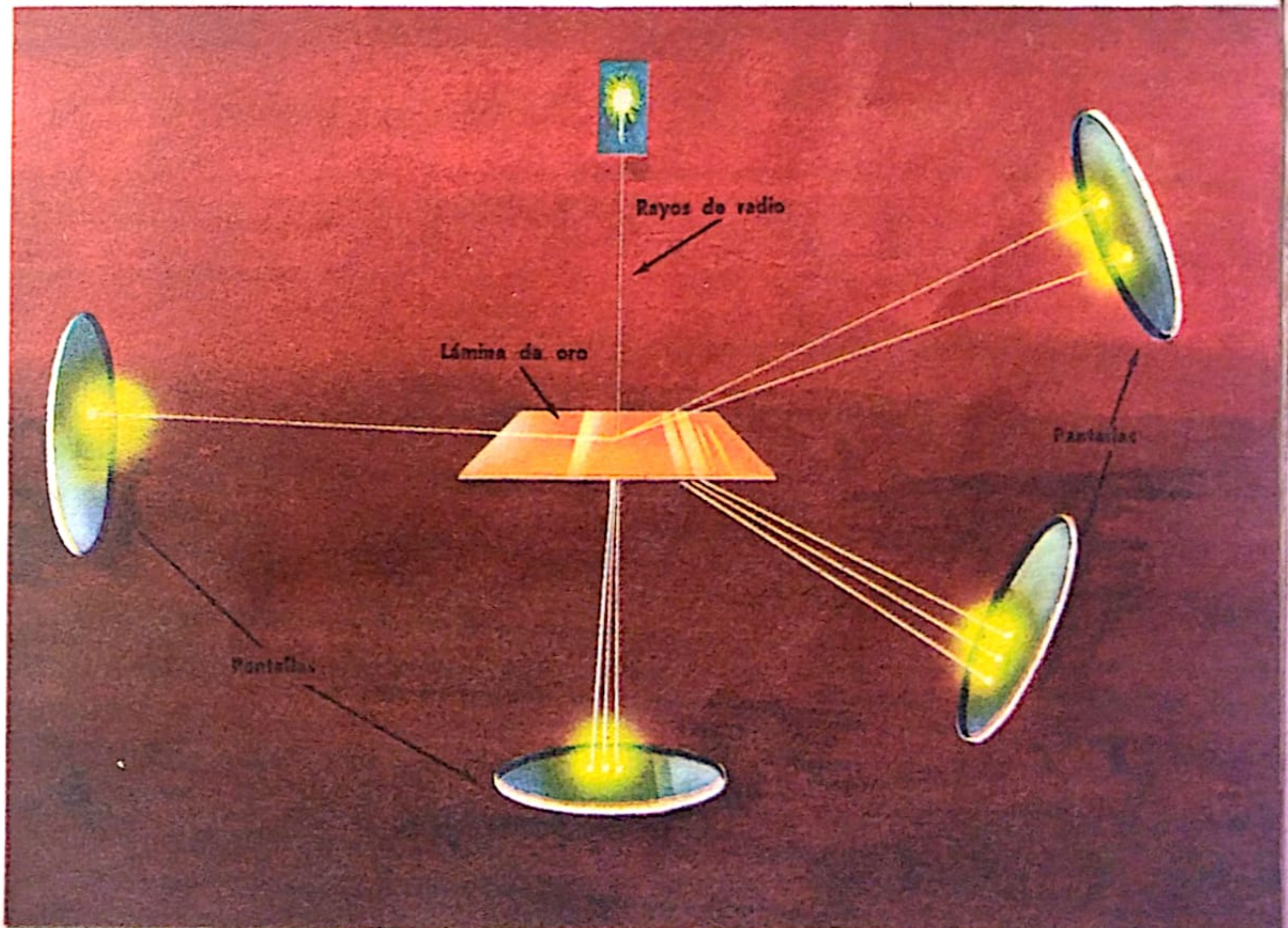
ban también, pero iban a parar de nuevo a la caja de plomo.

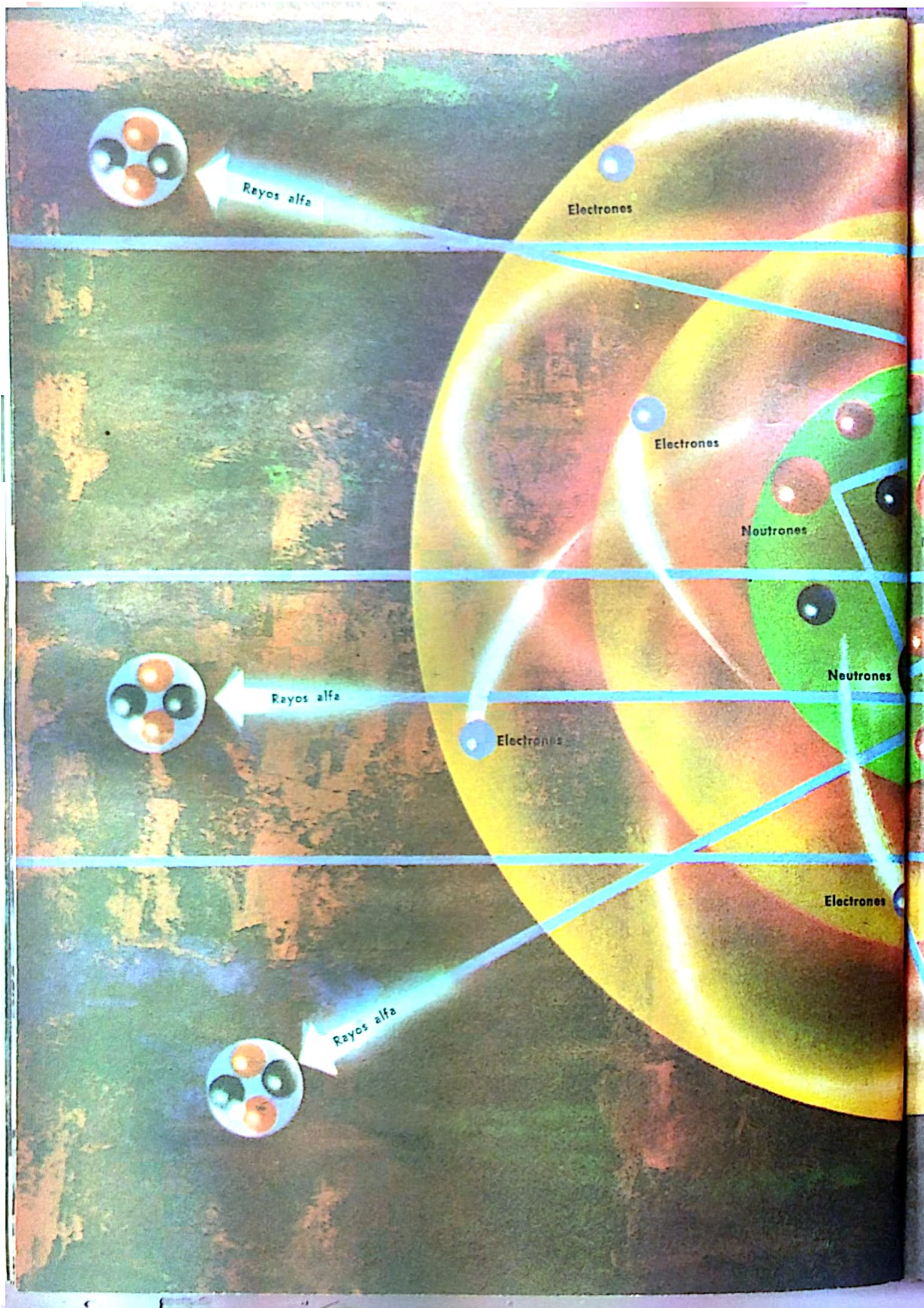
Rutherford contó el número de partículas que atravesaban la pantalla y el número de las que rebotaban, y entonces hizo público el mayor descubrimiento concerniente a la constitución del propio átomo.

"La razón por la que la mayoría de las partículas pasan a través de los átomos de oro —dijo Rutherford—, es que los átomos son casi espacio vacío, pero cada uno contiene un centro diminuto con carga eléctrica positiva. Cuando las partículas *alfa,* también con cargas positivas, se acercan al centro, son rechazadas, ya que las cargas positivas se rechazan unas a otras. Algunas veces las partículas se desvían de su trayectoria recta y otras, son rechazadas violentamente en la dirección de donde vienen. A juzgar por el número de ocasiones en que una partícula acierta a chocar, el centro debe ser cincuenta mil veces más pequeño que el resto del átomo."

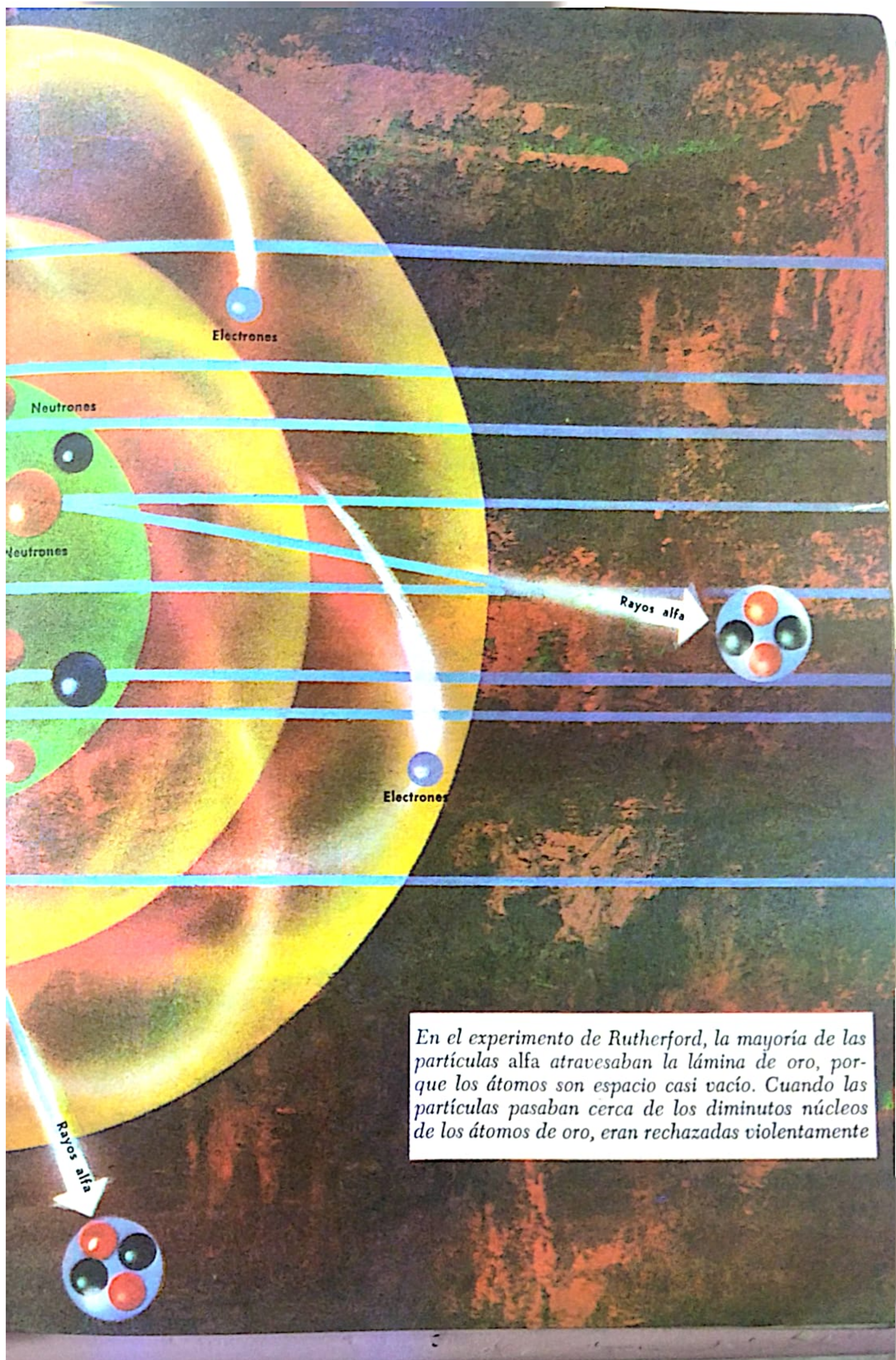
Rutherford llamó a este centro el núcleo del átomo. La ciencia tenía ahora un nuevo objeto que estudiar, uno que era sumamente importante.

Rutherford disparó rayos alfa *sobre una lámina de oro y encontró que éstos rebotaban en todas direcciones*





Escaneado con CamScanner



En el experimento de Rutherford, la mayoría de las partículas alfa atravesaban la lámina de oro, porque los átomos son espacio casi vacío. Cuando las partículas pasaban cerca de los diminutos núcleos de los átomos de oro, eran rechazadas violentamente

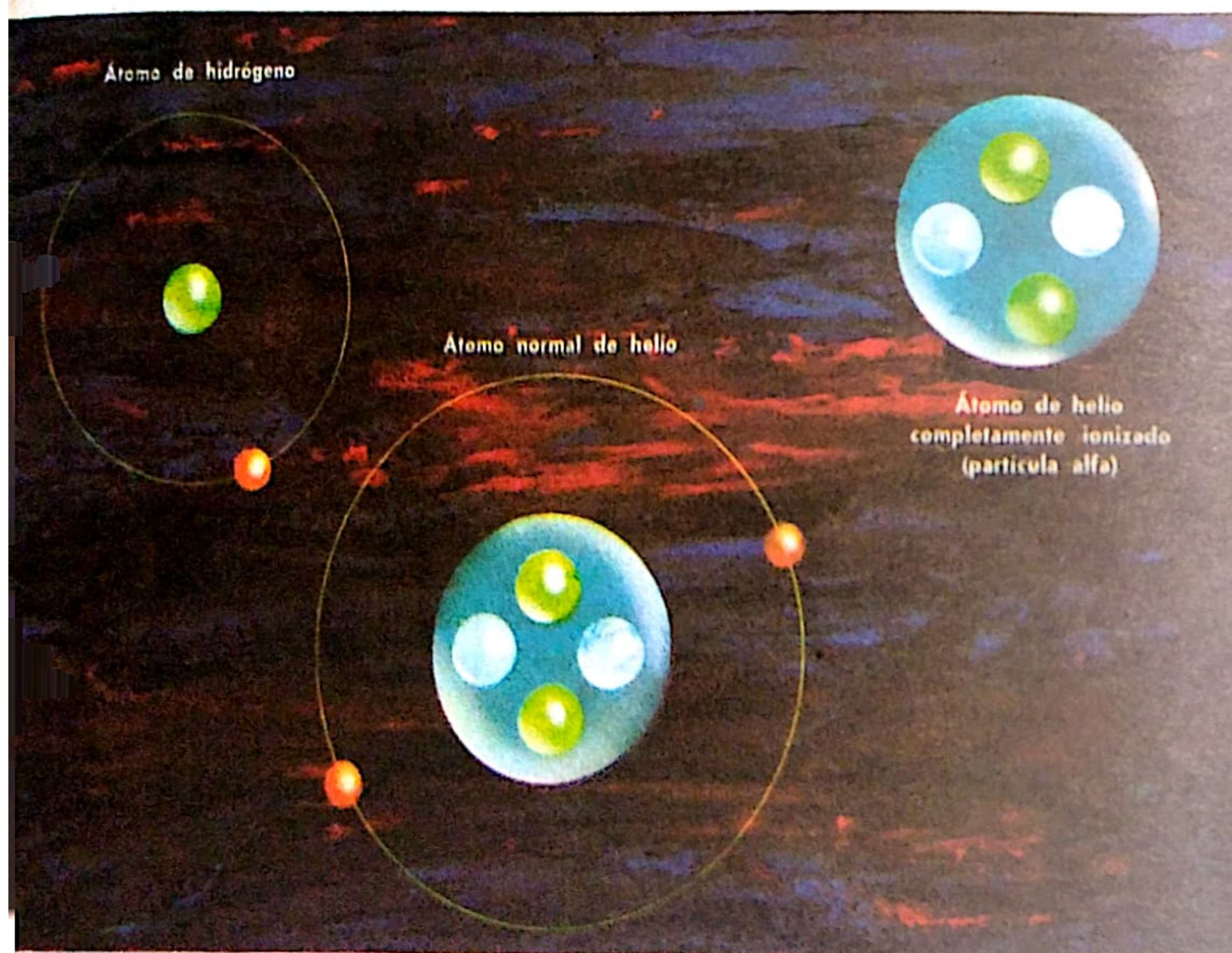
otros más avanzaban sin desviarse, como si no existiese el imán.

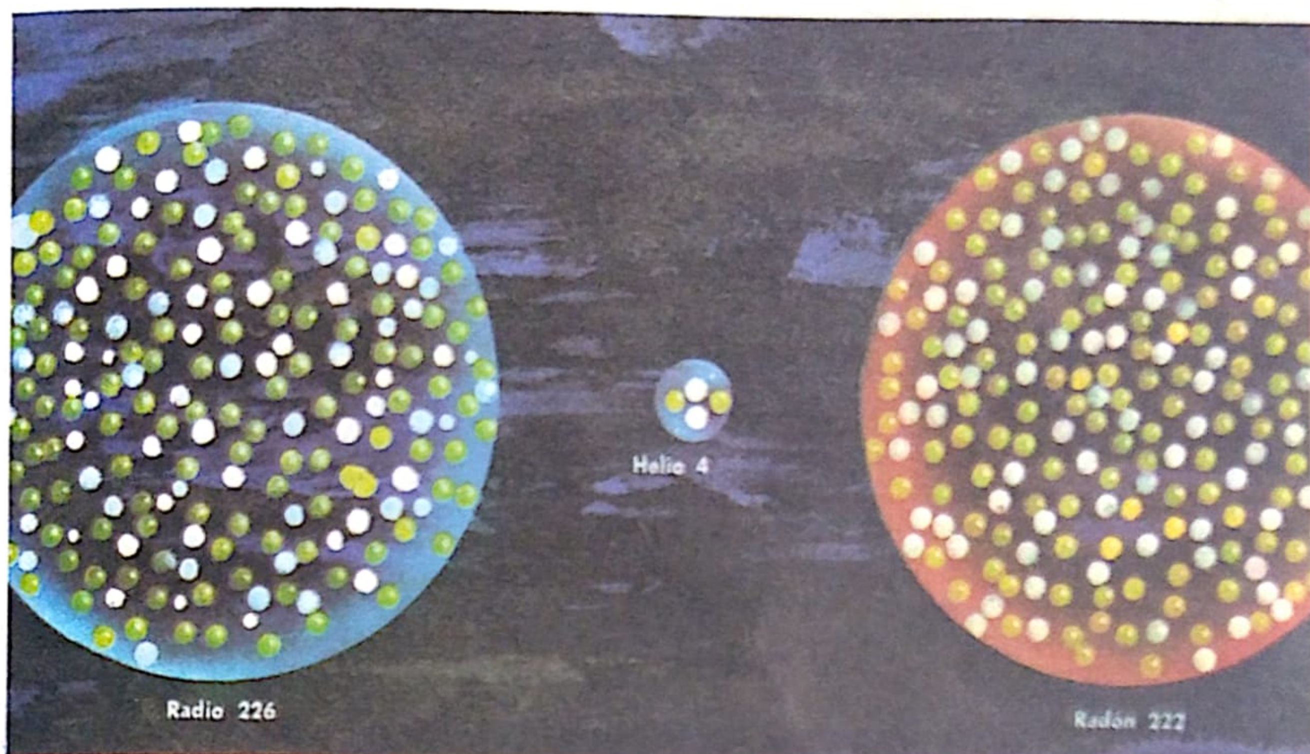
Las dos clases de rayos que se desviaban recibieron los nombres de las dos primeras letras del alfabeto griego: rayos *alfa* y rayos *beta*. A los rayos que no sufrían desviación alguna se les llamó rayos *gamma*, nombre de la tercera letra griega. Posteriormente las investigaciones demostraron que los rayos negativos, los *beta*, eran electrones, pero que se desplazaban más velozmente que cualesquiera de los rayos conocidos hasta entonces; y que los rayos *gamma*, al igual que los rayos X de Roentgen, avanzaban en línea recta sin sufrir alteración alguna por la fuerza magnética.

Los rayos *alfa* eran algo nuevo y enigmático. Eran comparativamente lentos y no podían penetrar tan profundamente como, por ejemplo, los rayos *gamma*. Nadie había visto nada que se les pareciera.

Finalmente, unos científicos encabezados por sir Ernest Rutherford, de Nueva Zelanda, y un inglés, Federico Soddy, encontraron de dónde procedían aquellos rayos, y, al lograrlo, identificaron al rayo *alfa*.

Un átomo ionizado de helio (derecha) *no tiene electrones que giren alrededor de su núcleo como los tiene un átomo normal de helio* (centro). A la izquierda, *se muestra, dibujado, para fines de comparación, un átomo de hidrógeno*





El radio se desintegra en helio y radón, los cuales suman juntos el mismo peso atómico

La radiactividad, el proceso que hace emanar los rayos, no era sino la desintegración de los átomos, dijeron los dos físicos. Esos átomos particulares estaban fuera de equilibrio, o, empleando el término científico, eran inestables, como una torre de naipes que tiene demasiadas cartas en uno de sus lados. Al igual que las torres de naipes, los átomos radiactivos se caían, y las tres clases de partículas se formaban cuando los átomos se desintegraban.

En cuanto a la naturaleza de la partícula *alfa*, la explicación era sencilla, pero sensacional a la vez. Se había encontrado que esa partícula pesaba cuatro veces más que el átomo de hidrógeno. El helio ionizado –un átomo que se ha convertido en una partícula ionizada– era precisamente lo que la partícula *alfa* resultó ser. El átomo de radio estaba produciendo un elemento totalmente diferente cada vez que emitía una partícula *alfa*. Y lo que era más, es que otro elemento –el que nunca antes se había descubierto– quedaba del elemento original. Cuando un átomo de radio se desintegraba, formaba un átomo de helio y un átomo del nuevo elemento, al que se le llamó "radón". El peso atómico del radio era 226; el del helio, 4, y el del radón, 222.

Fue entonces cuando los científicos comprendieron que al átomo lo habían estado llamando con un nombre erróneo durante muchos años. No era, como Demócrito lo había creído, un objeto diminuto que no podía ser dividido en partes más pequeñas. No sólo era posible dividir los átomos de radio, sino que era imposible evitar que ellos mismos se dividieran.



La Energía Proveniente del Átomo

En esta etapa, un destacado físico llamado Alberto Einstein entró en escena con una teoría que revolucionó la ciencia. Lo que hace que los motores funcionen, los árboles crezcan, los hombres caminen y las bombas estallen era conocido por los científicos como energía. La teoría de Einstein era sencilla: todos los objetos que hay en la Tierra contienen energía; y toda la materia y toda la energía son equivalentes, es decir, la materia es energía en estado estable.

Además, Einstein encontró la forma de calcular esa energía. Para determinar cuánta podía haber en un átomo, multiplicó la velocidad de la luz por ella misma, o sea, la elevó al cuadrado; luego, multiplicó el resultado obtenido por la masa del átomo. Cuando expresó su teoría por medio de una fórmula concisa, ésta resultó ser: $E=mc^2$, en la cual, E representa la "energía", m la masa en gramos y c la velocidad de la luz en centímetros por segundo. Al elevar a la segunda potencia la velocidad de la luz, ésta resulta ser aproximadamente de ... 900,000,000,000,000,000,000 cm^2/seg^2. Según dicha fórmula, veintiocho gramos de materia convertida en energía, mantendría encendida una bombilla de cien vatios durante un millón de años.

En otras palabras, Einstein mencionaba la energía atómica por vez primera.

Era aparente que una clase de átomo, por lo menos, estaba liberando un poco de su energía. El ligero ascenso de temperatura que había sido apreciado en el radio, significaba que la materia activa estaba en movimiento en el interior de la masa; y que la poca que había escapado en forma de radiación estaba generando calor, el cual es una forma de energía.

Fue en 1905 cuando Einstein dio el primer paso en el camino que llevaría a gobernar la energía atómica. Habían transcurrido 2.500 años para que la teoría de Demócrito se desarrollara y llegara a ese punto, y casi un siglo había pasado desde que Dalton empezara a explorarla científicamente.



Einstein fue el primer científico en comprender que la materia era energía "congelada"

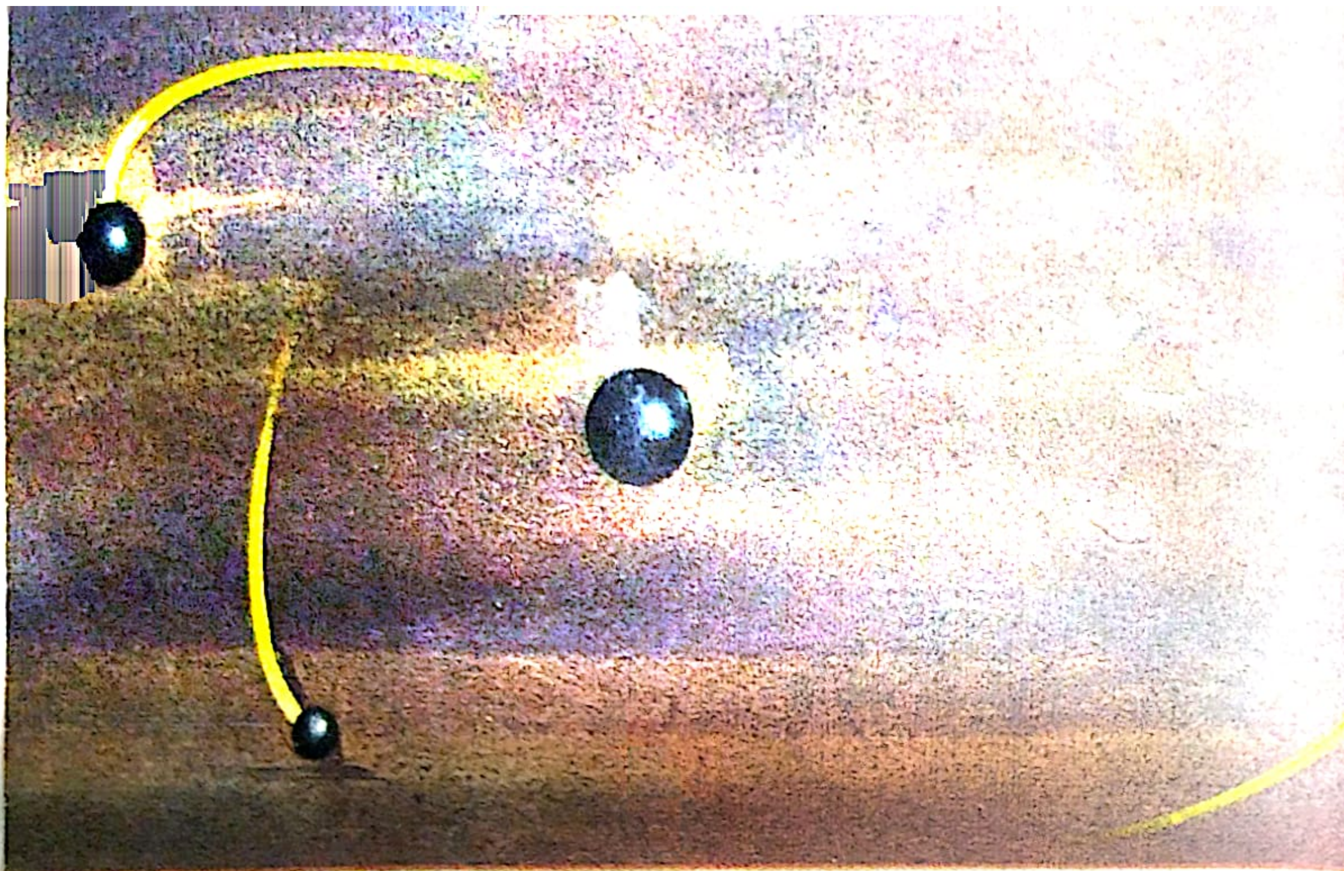
Pero, cuarenta años después de formular Einstein su teoría, la ciencia atómica se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa.

Mientras los investigadores se encaminaban hacia el período más dramático de la ciencia atómica, ¿qué era lo que en realidad conocían acerca del átomo? He aquí, nuevamente, los datos con los que tenían que trabajar.

Los hombres de ciencia habían descubierto que los sólidos, los líquidos y los gases, o todo, en otras palabras, era un elemento, la substancia más simple, o un compuesto, constituido por dos o más elementos. (O también una mezcla, en la cual dos o más elementos intervenían, pero que se mantenían separados, como la arena y el agua.) Los "ladrillos de construcción" de los elementos eran átomos sencillos. Los bloques de los compuestos eran moléculas, constituidos por dos o más átomos mantenidos unidos por cierta atracción eléctrica. Unos elementos eran radiactivos, o sea que sus átomos se encontraban fuera de equilibrio y que despedían partículas *alfa* con cargas positivas (o átomos de helio); partículas *beta* con cargas negativas, y rayos *gamma* (similares a los rayos X) que carecían de cargas eléctricas. Este proceso ponía en libertad energía y si era posible hacer que del átomo emanara energía cuando se deseara, la fuerza resultante sería mucho más potente que cualquier otra conocida hasta entonces.

Si un gramo de materia se transformara en energía, proporcionaría aproximadamente 1.000,000 de kilovatios durante un día o mantendría encendida una bombilla de 100 vatios durante 40,000 años





Un átomo está formado principalmente de espacio vacío

El Átomo Vacío

En 1911, sir Ernest Rutherford, el científico neozelandés, que había contribuido a explicar la radiactividad, intentó un experimento.

Rutherford colocó un trozo de radio en una caja de plomo, en la que previamente había hecho un agujero, y dispuso las cosas en forma tal, que un flujo constante de partículas *alfa* saliera por el agujero. De manera que interceptara dicho flujo, puso una pantalla de vidrio, tratada con substancias químicas fluorescentes, como lo hiciera Roentgen, para que al chocar las partículas contra ella, se iluminara. Entre la caja de plomo y la pantalla, en medio de la trayectoria seguida por las partículas, colocó una lámina de oro extremadamente delgada. No obstante su escaso grosor, éste parecía suficiente para detener las partículas *alfa,* como una pared detiene un chorro de agua, ya que estaba constituida por centenares de átomos. Pero aquello no dio el resultado que se buscaba: las partículas *alfa* atravesaron la laminilla, como si los átomos de oro no fueran sino espacio vacío.

Pero no todas las partículas lograron pasar. Rutherford colocó otra pantalla fluorescente en uno de los lados, y en ella aparecieron reflejados unos diminutos corpúsculos luminosos, señal evidente de que unas cuantas partículas rebotaban en los átomos de oro y formaban "chispas" en la pantalla lateral. Otras partículas rebota-

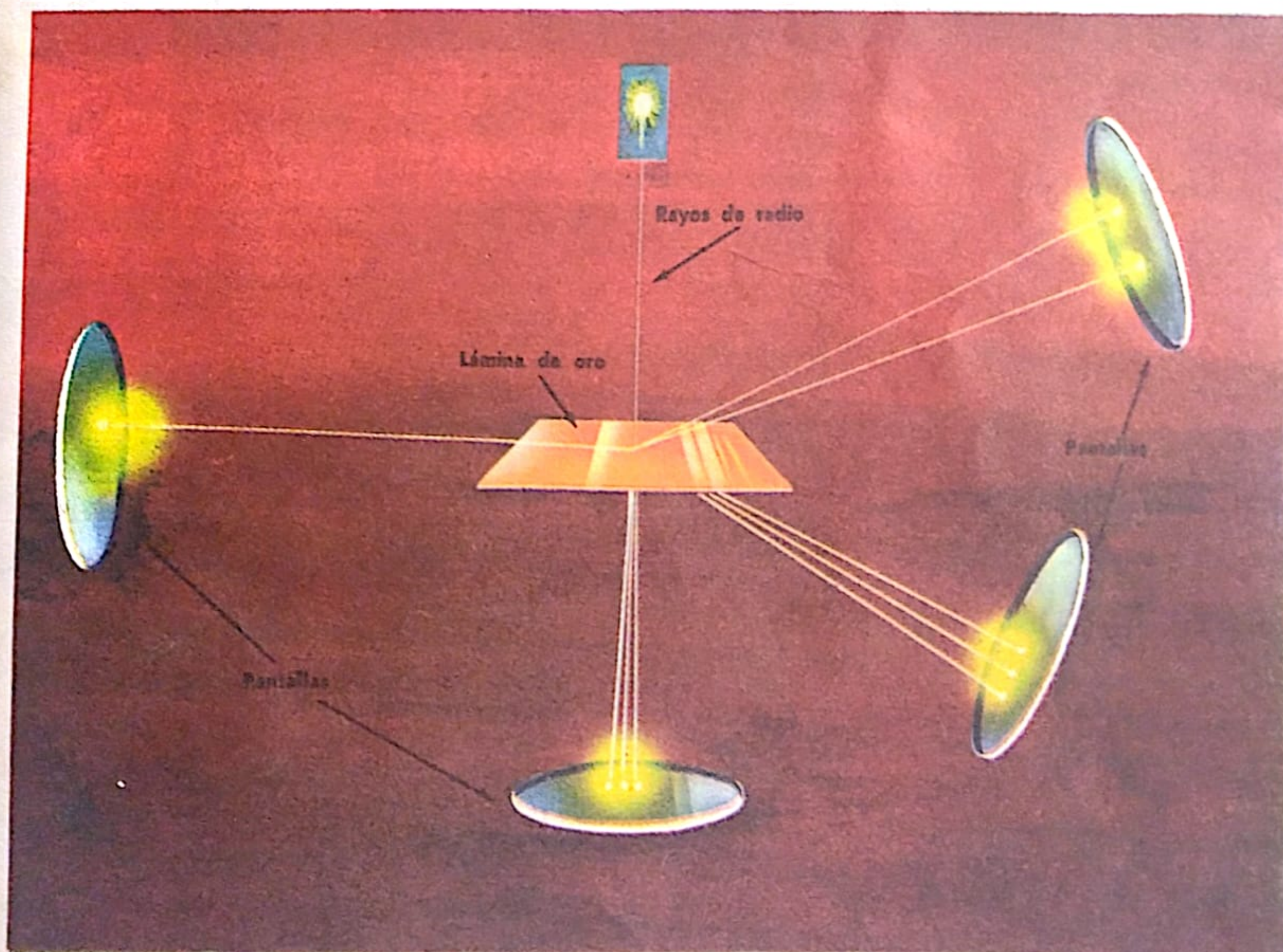
ban también, pero iban a parar de nuevo a la caja de plomo.

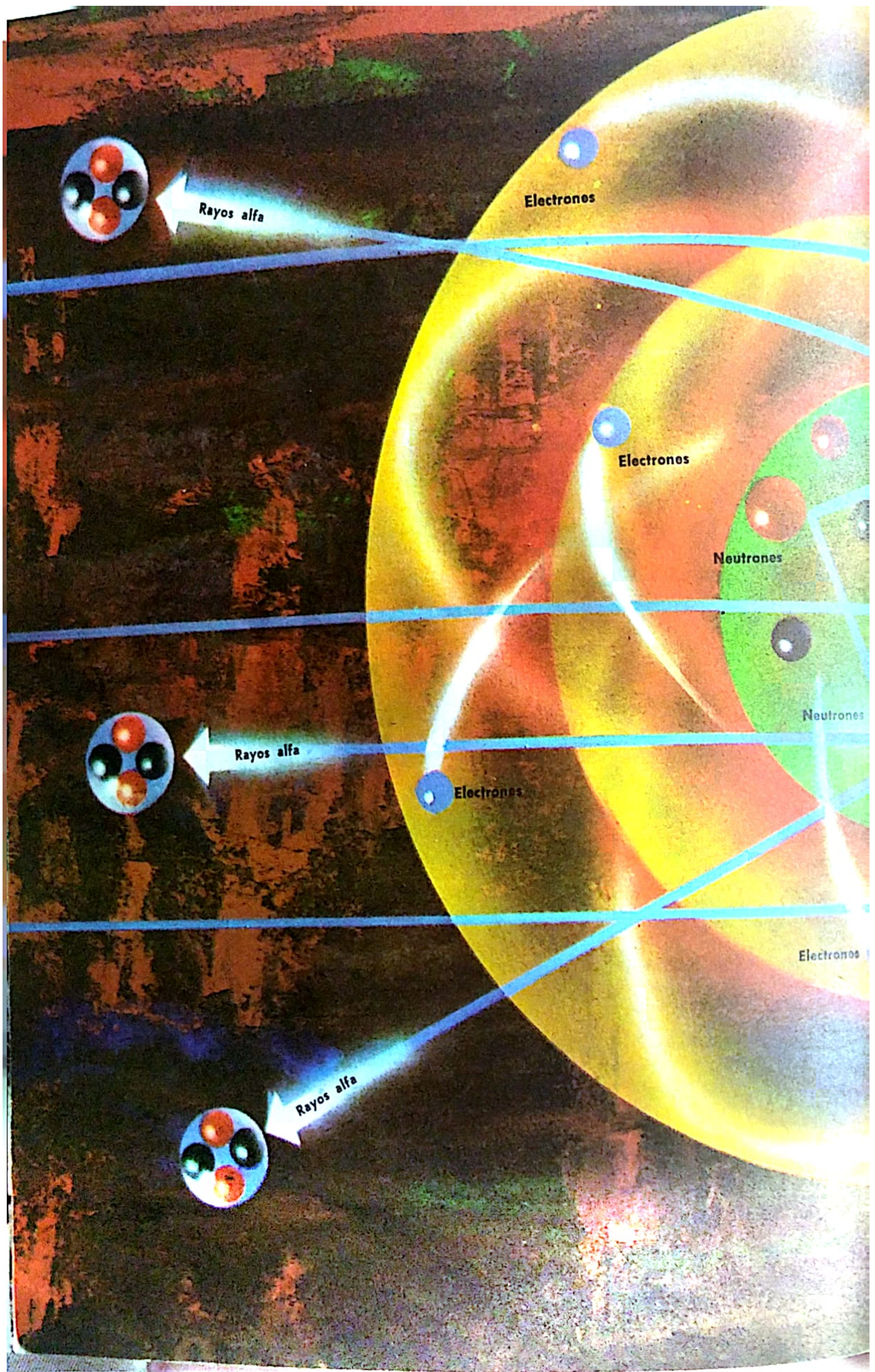
Rutherford contó el número de partículas que atravesaban la pantalla y el número de las que rebotaban, y entonces hizo público el mayor descubrimiento concerniente a la constitución del propio átomo.

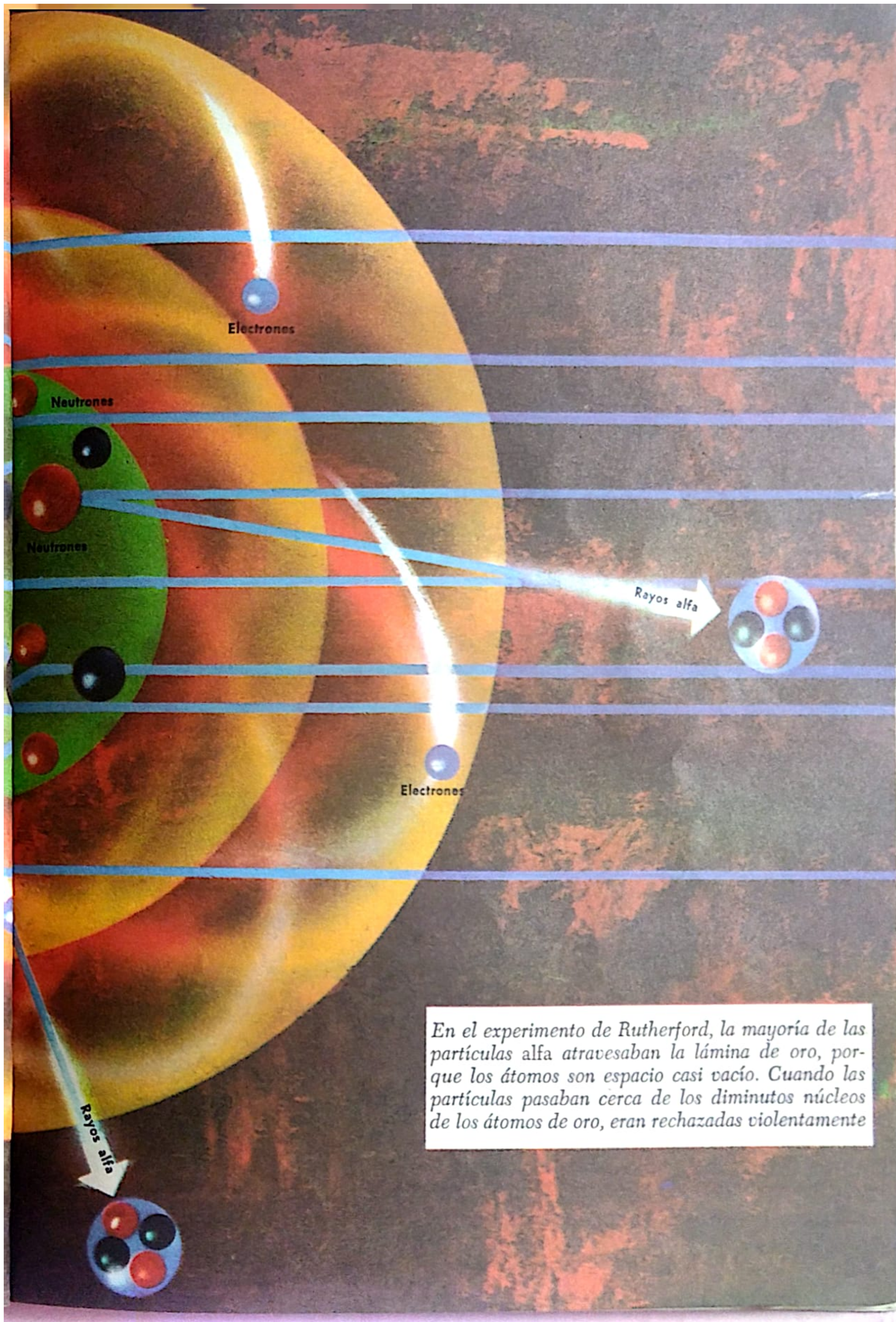
"La razón por la que la mayoría de las partículas pasan a través de los átomos de oro —dijo Rutherford—, es que los átomos son casi espacio vacío, pero cada uno contiene un centro diminuto con carga eléctrica positiva. Cuando las partículas *alfa,* también con cargas positivas, se acercan al centro, son rechazadas, ya que las cargas positivas se rechazan unas a otras. Algunas veces las partículas se desvían de su trayectoria recta y otras, son rechazadas violentamente en la dirección de donde vienen. A juzgar por el número de ocasiones en que una partícula acierta a chocar, el centro debe ser cincuenta mil veces más pequeño que el resto del átomo."

Rutherford llamó a este centro el núcleo del átomo. La ciencia tenía ahora un nuevo objeto que estudiar, uno que era sumamente importante.

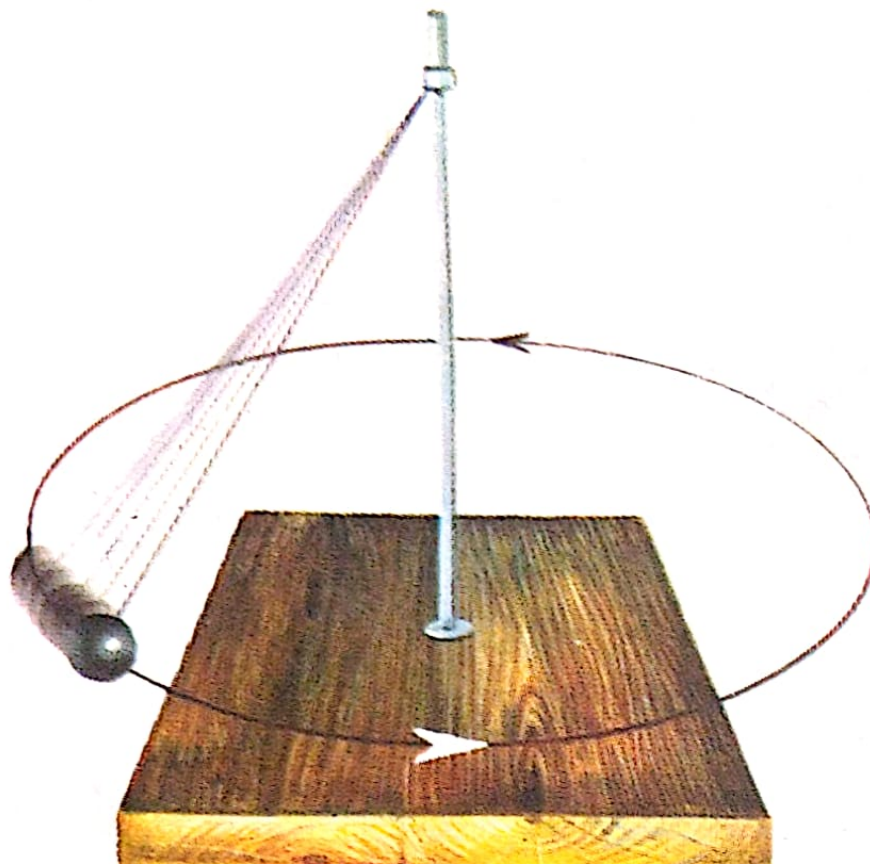
Rutherford disparó rayos alfa *sobre una lámina de oro y encontró que éstos rebotaban en todas direcciones*




Electrones
Rayos alfa
Electrones
Neutrones
Neutrones
Rayos alfa
Electrones
Electrones
Rayos alfa



En el experimento de Rutherford, la mayoría de las partículas alfa atravesaban la lámina de oro, porque los átomos son espacio casi vacío. Cuando las partículas pasaban cerca de los diminutos núcleos de los átomos de oro, eran rechazadas violentamente



Una esfera atada a un cordel gira y tiende a escapar debido a su momento de inercia. Los físicos clásicos creían que ese mismo efecto era el que evitaba que los electrones se precipitaran sobre el núcleo del átomo

El Núcleo y sus Satélites

A través de toda la historia del átomo había parecido que cada nuevo descubrimiento conducía a nuevas incógnitas. La primera que despertó el descubrimiento de Rutherford fue en particular desconcertante: si el núcleo, el diminuto corazón del átomo, estaba rodeado de un espacio cincuenta mil veces mayor que él, ¿por qué no todos los átomos existentes en la Tierra se caían, como globos desinflados?

Otra incógnita que surgió fue igualmente confusa: si el átomo contenía un núcleo con carga eléctrica positiva y un electrón con carga negativa, ¿cómo se mantenían separados? Las cargas positivas y negativas se atraían unas a otras, y en un espacio tan pequeño como el de un átomo, era asombroso que el electrón y el núcleo no chocasen con gran fuerza.

Los físicos clásicos habían supuesto que un electrón y un núcleo se atraen por sus cargas eléctricas igual que la Tierra y el Sol se atraen por su fuerza de gravedad; que el electrón debía moverse en una órbita al-

rededor del núcleo en forma idéntica a como nuestro planeta gira en torno del astro solar. La Tierra, suspendida por la fuerza de gravedad, gira alrededor del Sol como una roca sujeta al extremo de un cordel. El momento de inercia del cuerpo que se mueve (ya sea la roca o la Tierra), mantiene al objeto en el espacio. De la misma manera, el momento de inercia del inquieto electrón debía impedir que éste se precipitara hacia el núcleo. Pero en 1913, Niels Bohr, un científico danés, realizó un descubrimiento trascendental.

"La teoría clásica —dijo— puede ser cierta en determinados campos, pero no necesariamente en el terreno de la física atómica, porque allí las condiciones existentes son totalmente distintas.

"Los electrones en un átomo giran alrededor del núcleo en la misma forma que los planetas en torno del Sol. Cuando el electrón gira, la aceleración le hace liberar energía radiante. Esa pérdida de energía significa que el electrón también pierde inercia, la cual le es necesaria para mantenerse girando constantemente en torno del núcleo."

Por lo tanto, si la teoría clásica er cierta, el electrón debía chocar. Bohr comprendió aquello y añadió un nuevo concepto: "Un electrón no irradia energía continuamente, sino de manera intermitente, en forma de quanta. Sólo lo hace cuando es estimulado para saltar de su propia órbita a otra mayor. Cuando el electrón regresa automáticamente a su lugar, pierde la energía que había ganado. Por lo tanto, el electrón absorbe y conserva suficiente energía para mantenerse girando alrededor del núcleo."



Los electrones (arriba) *giran tan rápidamente y en direcciones tan variadas* (centro), *que el campo eléctrico que forman parece crear un objeto sólido* (abajo)



Por fin: de qué y de qué Modo Está Hecho el Mundo

Ahora, los hombres de ciencia empezaban a examinar el increíblemente diminuto núcleo atómico. Imaginemos qué representaba ese esfuerzo: los investigadores intentaban calcular cómo estaba construida una substancia cuyo tamaño era de 1/12.500.000.000.000 centímetros.

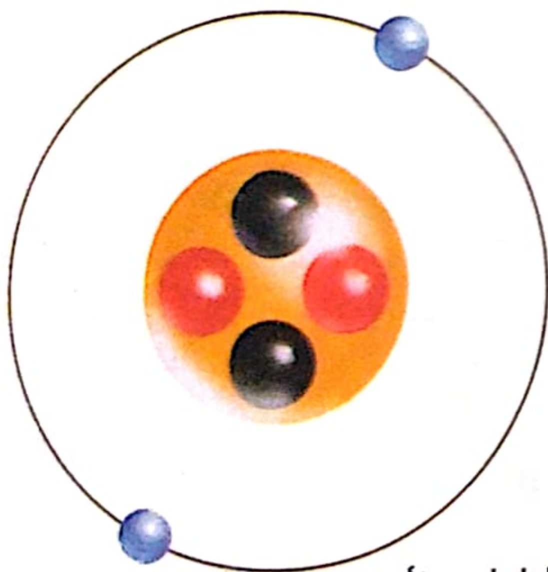
Un siglo antes, un hombre llamado Guillermo Prout había teorizado acerca de la composición de los átomos, pero nadie lo había tomado en cuenta. Había dicho que los átomos de todos los elementos parecían estar formados de átomos de hidrógeno, o, en otras palabras, que el hidrógeno era la unidad fundamental de lo que estaban hechas todas las substancias.

Ahora, los científicos empezaron a notar algo asombroso acerca del hidrógeno: ese elemento tenía el más sencillo de todos los átomos: un núcleo con un solo electrón, girando alrededor del núcleo. Al experimentar con otros átomos, los científicos descubrieron que el núcleo de hidrógeno aparecía por todas partes. ¿Estaban todos los átomos formados parcialmente de núcleos de hidrógeno?

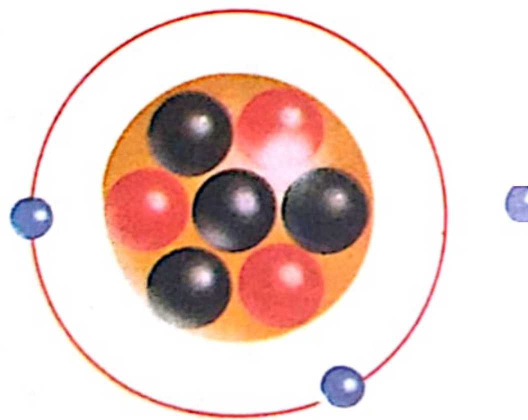
La hipótesis de William Prout había sido cierta. Los experimentos posteriores demostraron que el núcleo de hidrógeno podía ser considerado como la base del núcleo de todos los demás átomos: del oxígeno, del oro, del antimonio, etc. Se le llamó "protón" al núcleo del hidrógeno.

El protón, pronto lo averiguaron, era pesado. En el átomo del hidrógeno su peso era prácticamente el del propio átomo. En cuanto al electrón, la otra única parte del átomo del hidrógeno, casi no pesaba nada. En la tabla periódica de los elementos, los científicos anotaron tanto el *número* como el *peso* de cada uno de los elementos. El *número* se refería a la cantidad de protones que había en el núcleo del átomo. El *peso* era el peso relativo de un átomo del elemento comparado con el de un átomo de oxígeno, si el oxígeno se tomaba como

Todos los átomos contienen núcleos de hidrógeno, o protones (rojos). Los neutrones se muestran en color negro



Átomo de helio



Átomo de litio

Actinio Ac 89	Bromo Br 35	Cromo Cr 24	Gadolinio Gd 64	Lutecio Lu 71	Oro Au 79	Radio Ra 88	Telurio Te 52
Aluminio Al 13	Cadmio Cd 48	Curio Cm 96	Galio Ga 31	Magnesio Mg 12	Osmio Os 76	Radón Rn 86	Terbio Tb 65
Americio Am 95	Calcio Ca 20	Disprosio Dy 66	Germanio Ge 32	Manganeso Mn 25	Oxígeno O 8	Renio Re 75	Titanio Ti 22
Antimonio Sb 51	Californio Cf 98	Einstenio E 99	Hafnio Hf 72	Mendelevio Mv 101	Paladio Pd 46	Rodio Rh 45	Torio Th 90
Argón A 18	Carbono C 6	Erbio Er 68	Helio He 2	Mercurio Hg 80	Plata Ag 47	Rubidio Rb 37	Tulio Tm 69
Arsénico As 33	Cerio Ce 58	Escandio Sc 21	Hidrógeno H 1	Molibdeno Mo 42	Platino Pt 78	Rutenio Ru 44	Tungsteno W 74
Ástato At 85	Cesio Cs 55	Estaño Sn 50	Hierro Fe 26	Neodimio Nd 60	Plomo Pb 82	Samario Sm 62	Uranio U 92
Azufre S 16	Cinc Zn 30	Estroncio Sr 38	Holmio Ho 67	Neón Ne 10	Plutonio Pu 94	Selenio Se 34	Vanadio V 23
Bario Ba 56	Circonio Zr 40	Europio Eu 63	Indio In 49	Neptunio Np 93	Polonio Po 84	Silicio Si 14	Xenón Xe 54
Berilio Be 4	Cloro Cl 17	Fermio Fm 100	Iridio Ir 77	Niobio Nb 41	Potasio K 19	Sodio Na 11	Yodo I 53
Berkelio Bk 97	Cobalto Co 27	Flúor F 9	Lantano La 57	Níquel Ni 28	Praseodimio Pr 59	Talio Tl 81	Yterbio Yb 70
Bismuto Bi 83	Cobre Cu 29	Fósforo P 15	Laurencio Lw 103	Nitrógeno N 7	Promecio Pm 61	Tantalio Ta 73	Ytrio Y 39
Boro B 5	Criptón Kr 36	Francio Fr 87	Litio Li 3	Nobelio No 102	Protactinio Pa 91	Tecnecio Tc 43	

Los elementos conocidos hasta hoy día, con sus símbolos y números atómicos

16. El peso atómico del hidrógeno era 1 y tenía un protón en su núcleo.

Además, el protón estaba cargado positivamente, y esto tenía que ser así, ya que el núcleo de cada átomo era positivo, y el protón era el núcleo del átomo de hidrógeno. Por cada protón, cada átomo tenía un electrón girando alrededor de su núcleo; por lo tanto, el oxígeno, con ocho protones, tenía ocho electrones, y así sucesivamente. Esto mantenía el perfecto equilibrio: un electrón negativo por cada protón positivo, lo cual significaba que el átomo en sí no podía ser ni positivo ni negativo. Los hombres de ciencia habían supuesto que los átomos eran neutros, pero ahora sabían por qué.

Puesto que el átomo era neutro, existía otra posibilidad mencionada por Rutherford: quizá aún había dentro del propio átomo partículas neutras sin descubrir. Una partícula como ésa bien podía escapar fácilmente a todos los métodos de descubrimiento por medio de la electricidad, que la ciencia había inventado para examinar el átomo.

Esa teoría fue confirmada cuando dos físicos alemanes, Bothe y Becker, encontraron pruebas de que en un choque de átomos que ellos habían propiciado, una radiación se produ-

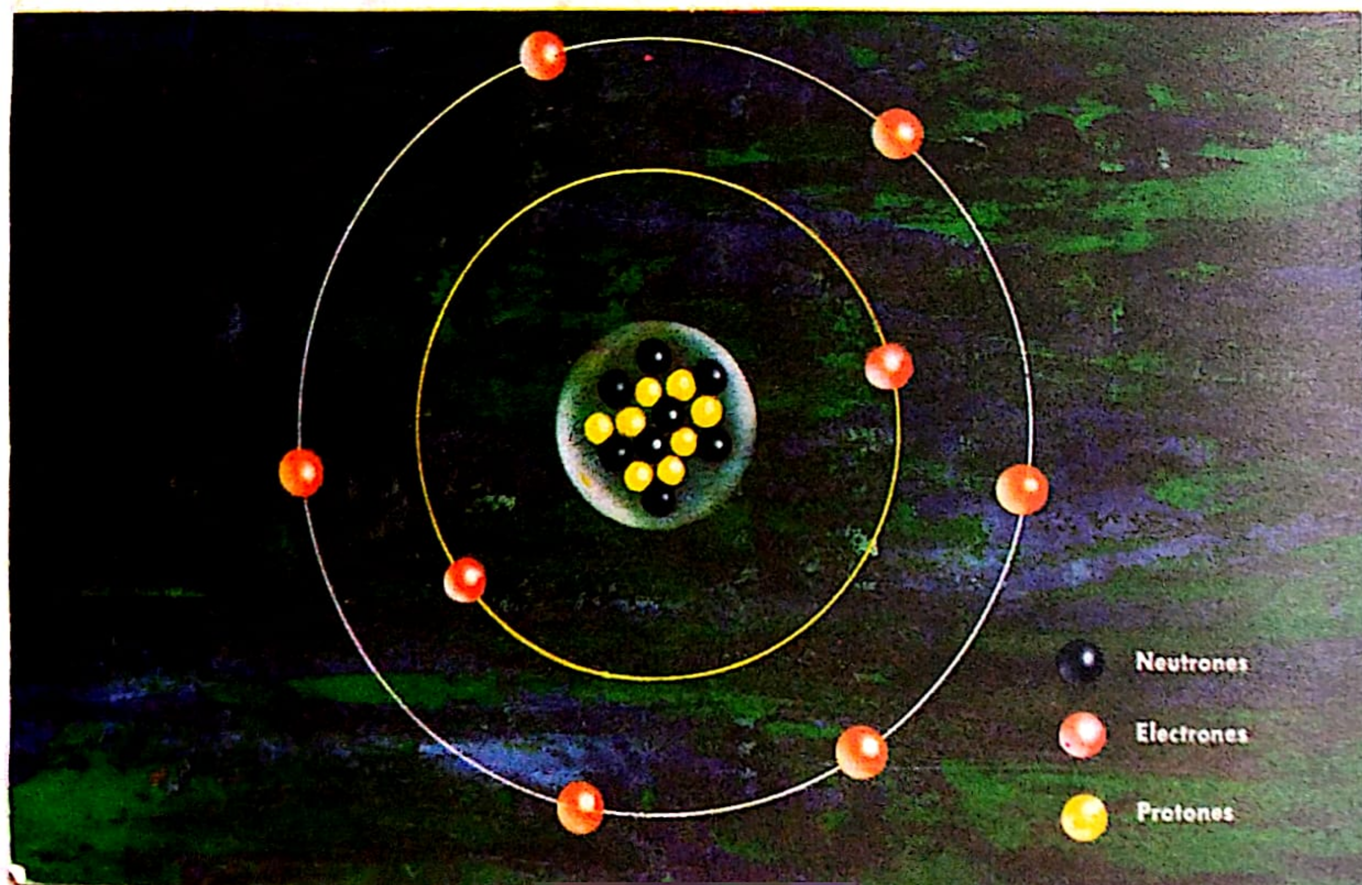
cía. Poco después, muchos científicos repetían el experimento y, en 1932, sir James Chadwick, físico inglés, fue capaz de explicarla. Había una partícula neutra en el interior del núcleo. El átomo de oxígeno, por ejemplo, no sólo tenía ocho electrones negativos y ocho protones positivos, sino que además contaba con ocho de las recién descubiertas partículas neutras, a las que los investigadores dieron el nombre de "neutrones".

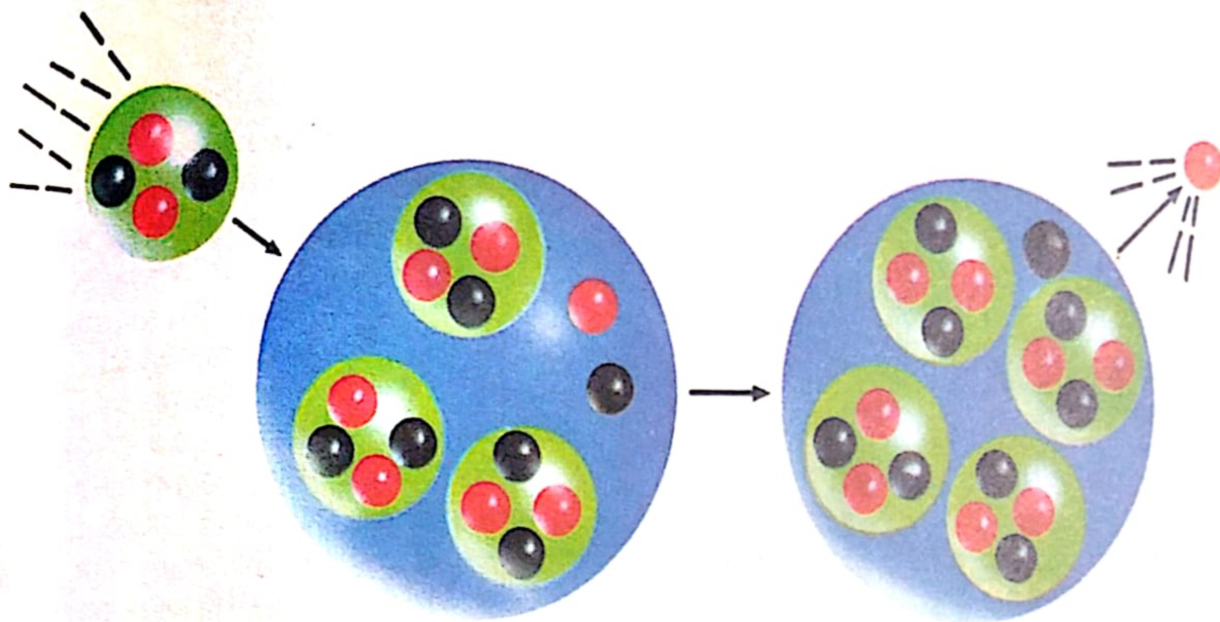
Con el descubrimiento del neutrón, se podía decir que la ciencia había llegado a la meta de su larga búsqueda. Por fin se tenía la respuesta a la vieja pregunta: "¿De qué y de qué modo está hecho el mundo?" Todo: la madera, la piedra, el oro, el aire, el cuerpo humano, estaba formado de electrones, protones y neutrones, dispuestos en diferentes combinaciones.

Cierta vez se había creído que el más pequeño bloque de construcción era el átomo, y que muchos de ellos existían, una clase para cada elemento y cada uno distinto de los otros. Ahora, los conocedores sabían que el átomo *no* era la unidad más pequeña. Cada átomo, no importaba cuánto se diferenciase de los otros, estaba formado de electrones, protones y neutrones. Y que si se pudieran comparar los electrones del oro y los electrones del plomo, se encontraría que eran exactamente iguales, como también lo eran sus protones y sus neutrones. La única diferencia entre el oro y el plomo era que existían más electrones, protones y neutrones en el plomo, que en el oro.

De este descubrimiento surgió una suposición fascinante: si los hombres de ciencia pudieran quitar los electrones, protones y neutrones del plomo, y los dispusiesen en cierta forma particular, podrían hacer oro. ¡Lo mismo que los alquimistas habían intentado hacer! Esto, de hecho, ya se ha realizado.

Un átomo de oxígeno tiene 8 protones (amarillos), 8 neutrones (negros) y 8 electrones (rojos)





El primer cambio nuclear fue realizado por Ernest Rutherford, en 1919. Aquí se muestra una veloz partícula alfa *cuando entra en un núcleo de nitrógeno, transformándolo en un núcleo de oxígeno y liberando, a la vez, un protón*

El Neutrón Rompe el Átomo

Por supuesto, a los hombres de ciencia de la década de 1920 a 1930 no les interesaba obtener oro del plomo. El proceso era demasiado costoso para que valiera la pena intentarlo. Ahora que ya sabían de qué estaban hechas todas las substancias, querían conocer más a fondo el átomo y sus partes.

Para ello, el neutrón había sido un valioso hallazgo. La mejor forma de adquirir nuevos conocimientos acerca del átomo era bombardearlo con rayos —lo que en esa época se hacía con partículas *alfa*—. Pero las partículas *alfa*, como hemos visto, rara vez podían penetrar en la parte más interesante del átomo: el núcleo. La partícula *alfa*, de carga positiva, cada vez que se acercaba a los protones, con carga positiva también, era rechazada y desviada. ¿Por qué no usar el neutrón, la parte del núcleo que no tenía carga alguna? Podía hacerse llegar hasta el núcleo, y nada lo detendría. Los rayos *gamma* también son neutros, pero por ser una de las formas de la luz, no tienen la fuerza de una partícula sólida, como lo es el neutrón.

Así, los científicos empezaron a bombardear los átomos con neutrones, y obtuvieron éxito.

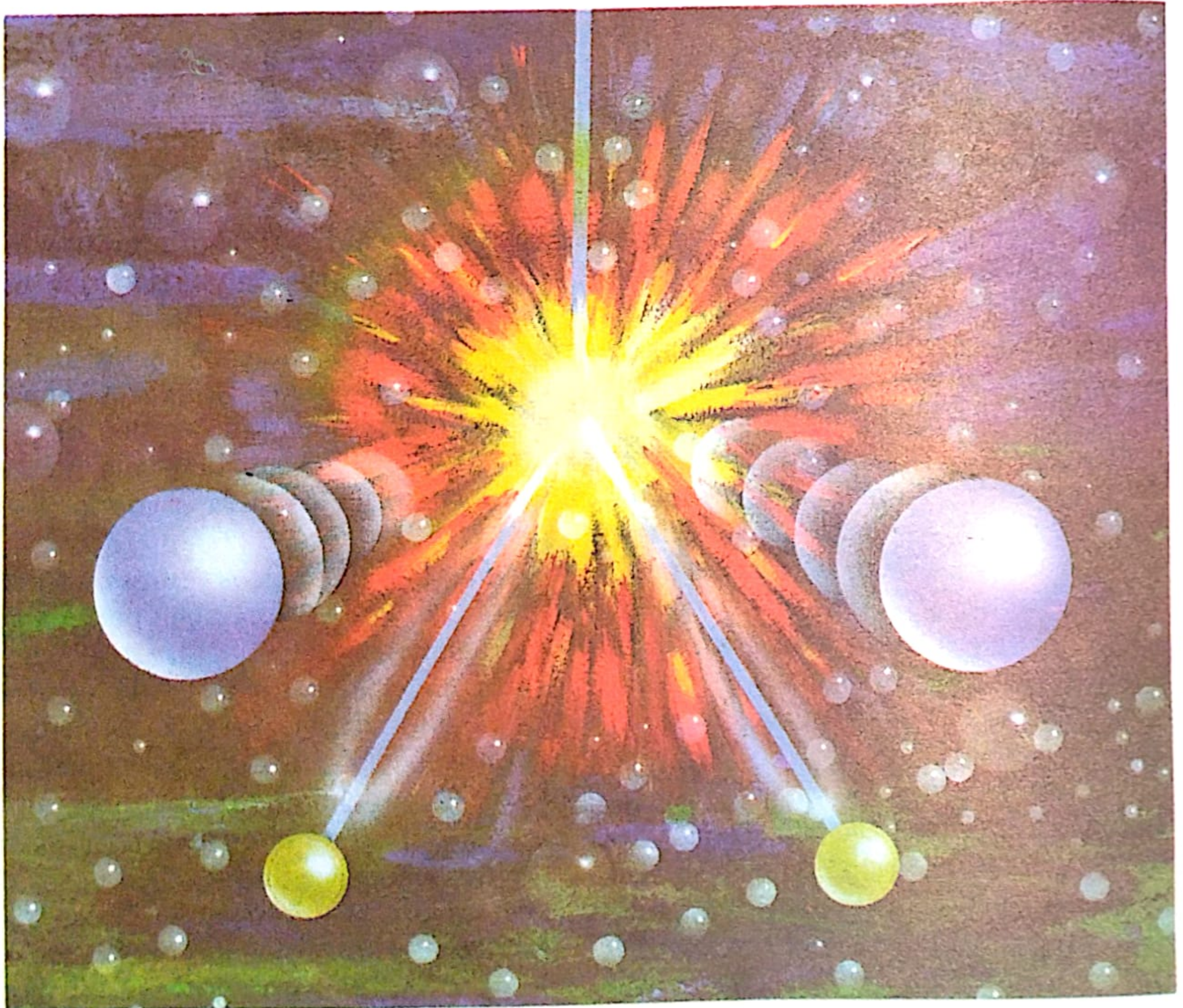
En 1938, dos hombres de ciencia alemanes, Otto Hahn y Fritz Strassmann, observaron algo desconcertante mientras bombardeaban los átomos de uranio con neutrones. Los átomos parecían dividirse en dos. En vez de con uranio, los científicos trabajaban con bario y criptón, cuyo peso atómico era el mismo del ura-

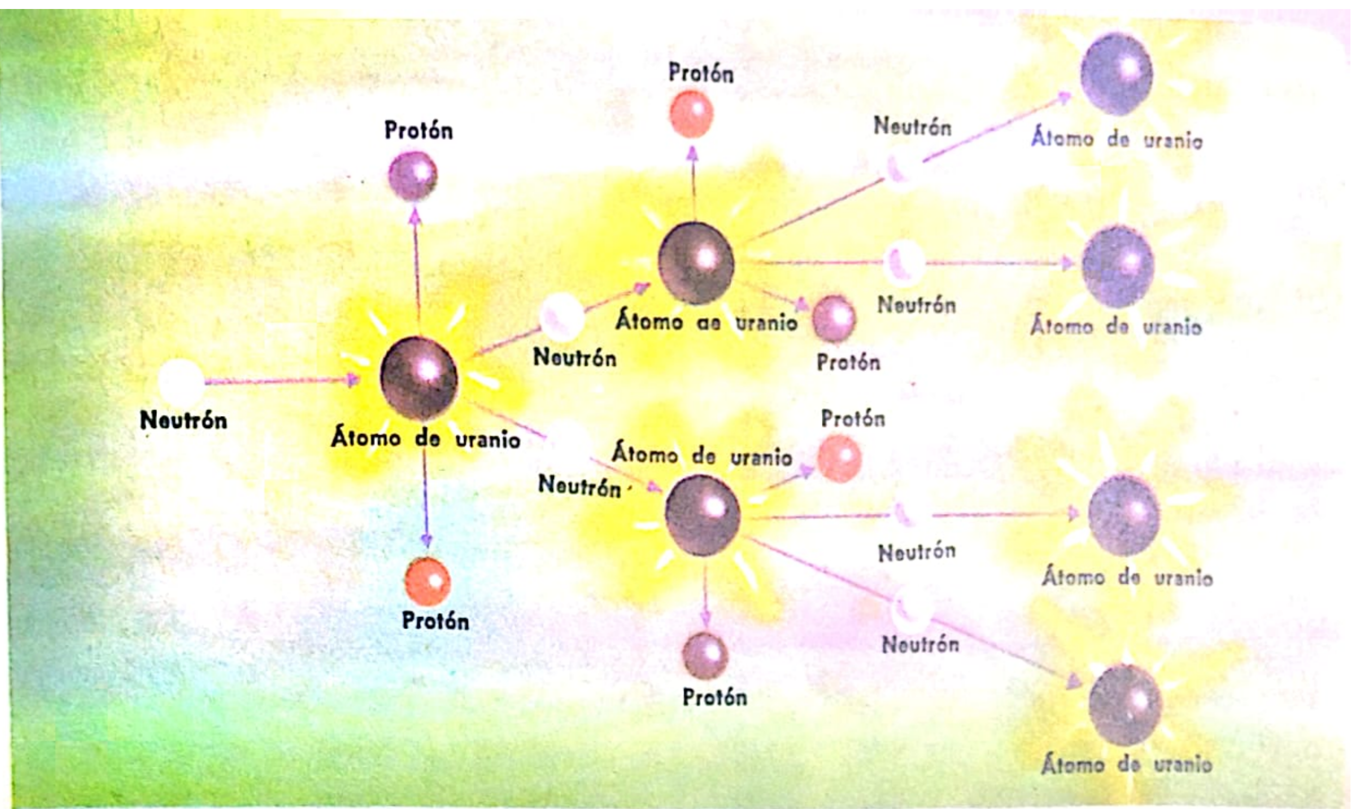
nio, pero ahora existían dos átomos en donde sólo había existido uno antes. Un aparato que los dos físicos estaban usando en el experimento indicaba que una cantidad espectacular de energía se había liberado: aproximadamente 200 millones de electronvoltios.

Hahn y Strassmann se quedaron atónitos ante ese resultado y no sabían a qué atribuir lo ocurrido.

Lise Meitner, una física amiga de Hahn, ofreció una explicación respecto a este hecho. Sin saberlo, Hahn y Strassman habían partido el núcleo de un átomo de uranio. El neutrón, al hendir el átomo de uranio, lo había partido en dos. Los dos pedazos de átomo se habían separado violentamente con una enorme fuerza, ya que cada uno de ellos contenía muchos protones con carga eléctrica positiva, los que una vez separados se habían rechazado unos a otros impetuosamente. La violenta separación nuclear había liberado la energía registrada en el sensible aparato utilizado por Hahn y Strassmann.

Cuando un átomo de uranio se desintegra, libera una gran cantidad de energía





En una reacción en cadena, un átomo que se fisiona deja escapar neutrones, los que, a su vez, fisionan más átomos

La Bomba Nuclear

Muy al principio de la Segunda Guerra Mundial, una de las noticias más sensacionales fue la de que los hombres de ciencia de todo el mundo se habían unido para trabajar juntos, compartiendo sus descubrimientos y alegrándose de los éxitos de los demás. Desde el griego Demócrito, italianos, ingleses, franceses, alemanes, americanos, daneses, rusos, neozelandeses y los científicos de otras muchas nacionalidades habían contribuido en gran escala al esfuerzo del hombre por explicar la estructura del universo.

Ahora, la ciencia se había convertido repentinamente en un arma bélica, y las naciones no podían compartir sus armas con el enemigo. Claro está que nadie sabía que se podía obtener una bomba haciendo estallar los átomos, pero si se llegaba a construir, sería un arma que decidiría el resultado de la guerra, y todos los hombres de ciencia lo sabían.

El nuevo sigilo científico ayudó a los Estados Unidos y a la Gran Bretaña. Muchos hombres de ciencia alemanes e italianos se habían refugiado en esos dos países. A principios de 1940, la mayoría de ellos trabajaba al lado de los científicos americanos e ingleses y laboraban día y noche para construir una bomba nuclear.

En el otoño de 1939, Alberto Einstein escribió una carta al presidente Franklin D. Roosevelt, pidiéndole que se reuniera con un grupo de científicos que tenían algo importantísimo que comunicarle. Cuando los hombres de ciencia vieron al presidente, le explicaron las conclusiones de Lise





Meitner y por qué eran de importancia trascendental: al desintegrarse el átomo de uranio, además de liberar una gran cantidad de energía, dejó escapar un enorme número de neutrones, los que salieron disparados como proyectiles. Aquello era en verdad asombroso, ya que, si se ponían juntos muchos átomos de uranio y se partía uno, los neutrones que dejara escapar hendirían los otros átomos y los partirían, y a su vez liberarían más neutrones que partirían otros átomos, y así sucesivamente. El proceso total, llamado *reacción en cadena,* ocurría en una fracción de segundo, produciendo una explosión nunca antes vista.

A los hombres de ciencia les desagradaba la idea de convertir el átomo en un arma mortífera, pero sabían que si los Aliados no construían una bomba nuclear, sus enemigos lo harían. El presidente Roosevelt estuvo de acuerdo con ellos, y ordenó que el proyecto se pusiera en marcha inmediatamente.

Aunque era relativamente fácil "hablar" de la bomba nuclear, era otra cosa muy diferente *construir* una. La tarea principal de desarrollarla le tocó a los Estados Unidos. Era una enorme labor y una jugada formidable. Cinco años tuvieron que transcurrir antes de que el proyecto se realizara, y en él se gastaron más de dos mil millones de dólares. Lo peor de todo era que nadie estaba seguro de que los aliados pudieran contar con una bomba a cambio de todo ese dinero.

El elemento con el que los hombres

La pavorosa explosión de una bomba nuclear

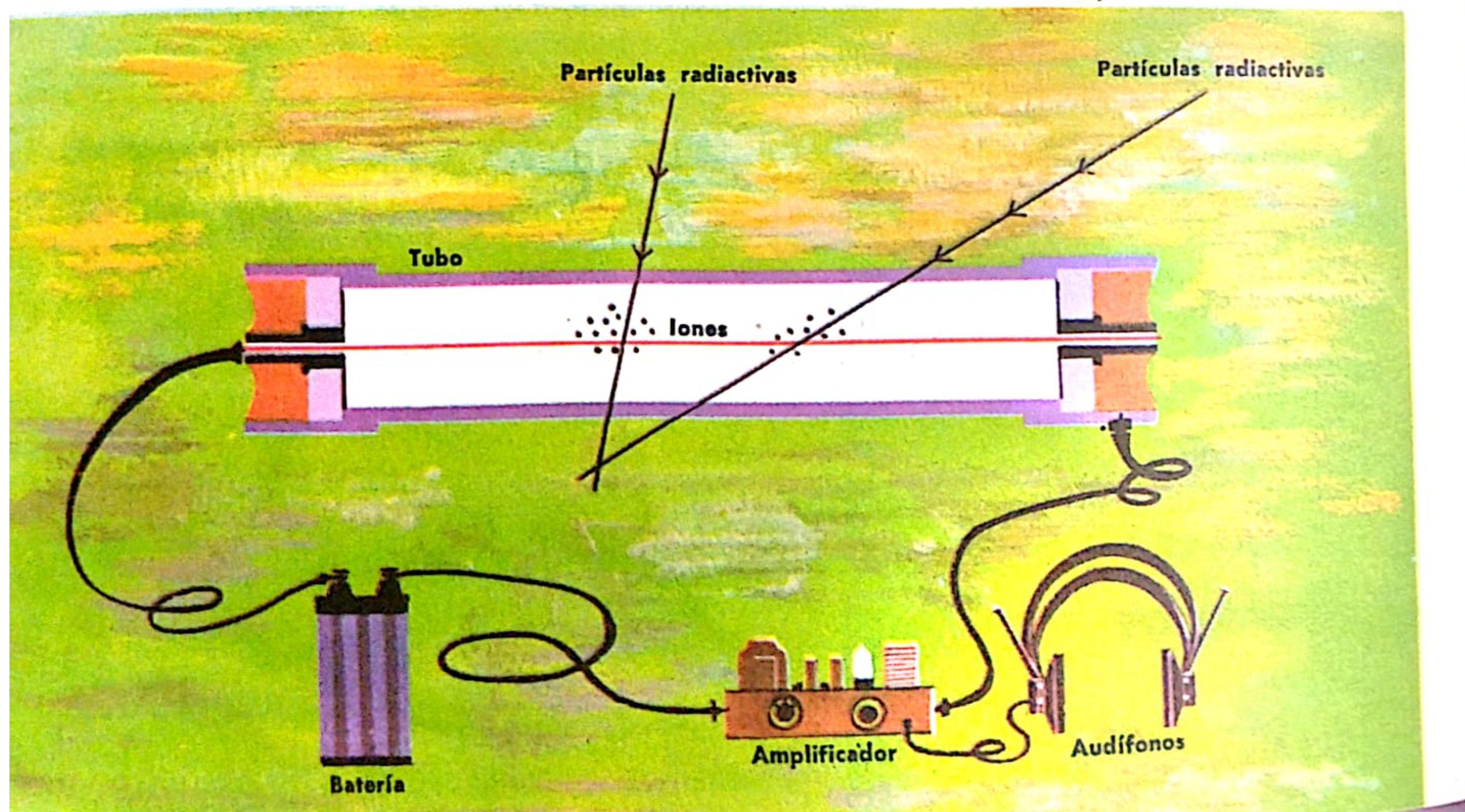
de ciencia trabajaron fue el uranio 235 —una forma poco común de ese elemento—, en cantidad tan enorme como nunca antes se había acumulado en un solo lugar. La obtención del uranio en las cantidades que se necesitaban fue sólo una pequeña parte del problema. Mientras el uranio se comportaba relativamente bien, un nuevo elemento llamado plutonio se podía obtener del uranio y servía mejor al proyecto. Por lo tanto, se construyeron grandes instalaciones para convertir las toneladas del mineral en kilogramos de uranio y luego éste en plutonio.

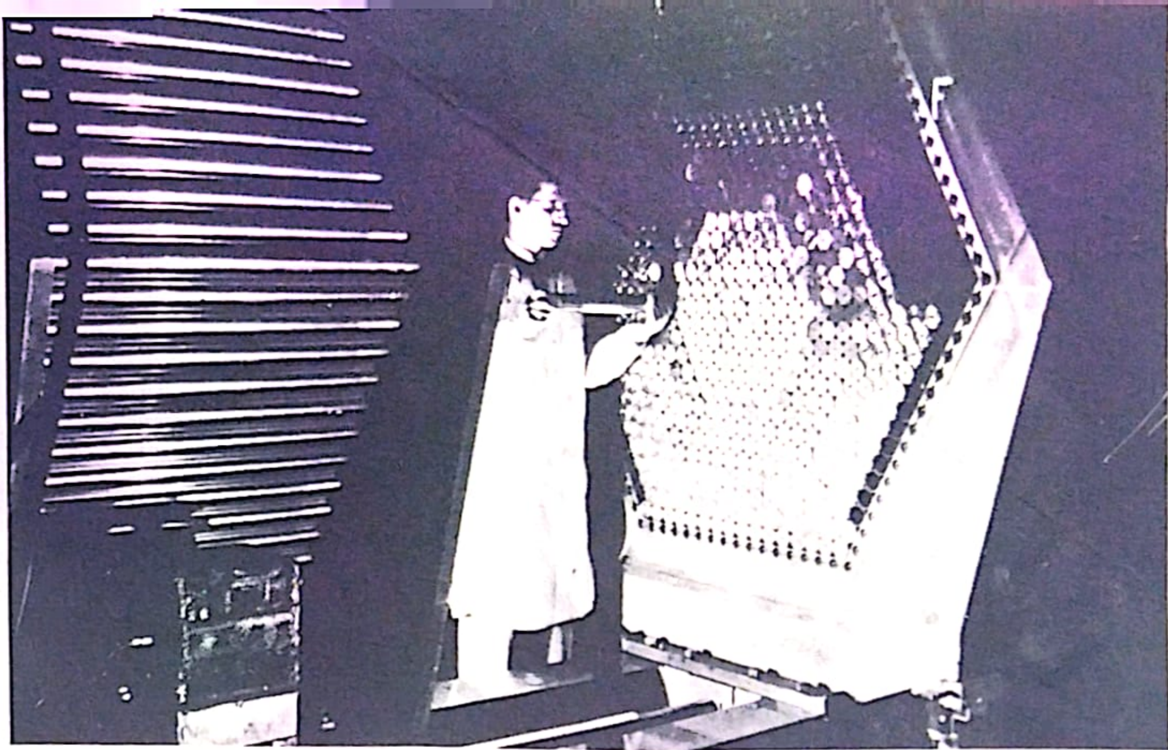
Una vez que tuvieron reunida la materia prima, los hombres de ciencia tenían que encontrar la forma de extraer la energía que contenía.

Enrique Fermi, el famoso científico italiano y sus colaboradores, emprendieron la tarea. Al igual que Einstein, Fermi vivía en América. En un laboratorio secreto, abajo del estadio de fútbol de la Universidad de Chicago, Fermi acumuló en forma de muro bloques de carbono (el carbono estaba en forma de grafito, la misma substancia que se emplea en los lápices). Fermi necesitaba carbono, porque éste retarda el movimiento de los neutrones, ya que entre más lentamente avancen éstos, desintegran mejor a los átomos. Espaciado entre los bloques de carbono había la cantidad necesaria de uranio para desatar una reacción en cadena. (La cantidad era importante: si era pequeña, la reacción no se produciría, es decir, los neutrones se perderían en el espacio en vez de chocar, sin desintegrar nuevos átomos de uranio.)

Introducidas en esta pila de carbono y uranio (llamada pila nuclear) había varias varillas largas hechas de una substancia que atrajera los neutrones. Mientras las varillas estuvieran introducidas en la pila, sólo unos cuantos neutrones podrían chocar

Al chocar las partículas con el tubo del contador Geiger, cierran un circuito eléctrico y producen una vibración que se puede escuchar en unos audífonos





Las varillas de cadmio en una pila regulan la reacción atómica en cadena

con los átomos de uranio para desatar una reacción en cadena. Al extraer lentamente las varillas, Fermi confiaba en poder gobernar el número de neutrones que chocaban con los átomos, y en esa forma regular la cantidad de energía nuclear que se liberaba al estallar los átomos. Para medir la cantidad de energía, Fermi tenía un aparato, que ahora nos es familiar, un contador Geiger, el cual medía la radiactividad produciendo una vibración cada vez que un rayo *gamma* lo tocaba. El sonido era amplificado y escuchado mediante unos audífonos.

Una tarde de diciembre de 1942, Fermi y sus colaboradores lenta y cuidadosamente empezaron a sacar las varillas del uranio. Casi sin respirar, escuchaban la reacción del contador Geiger. La vibración se hacía más y más rápida. Los neutrones escapaban de los átomos de uranio chocando contra nuevos átomos y haciendo que más neutrones escapasen. Una reacción en cadena controlada se había logrado finalmente.

Lo único que faltaba ahora, era hallar la forma de almacenar la cantidad correcta de uranio o de plutonio dentro de una bomba y encontrar cómo hacerla estallar.

Construir una bomba fue labor de otros dos años y medio, y el 16 de julio de 1945, la primera bomba nuclear estalló en el desierto de Nuevo México. Cuando la imponente nube en forma de hongo se disipó, un enorme agujero había sido hecho en la arena.

Tres semanas después, la segunda bomba fue arrojada desde un avión sobre Hiroshima, Japón, estallando con una potencia igual a la de veinte mil toneladas de dinamita. Destruyó la ciudad por completo. Tres días más tarde, el 9 de agosto, una bomba aún más potente fue arrojada sobre la ciudad de Nagasaki. El 14 de octubre, Japón anunció su rendición, y la guerra terminó.

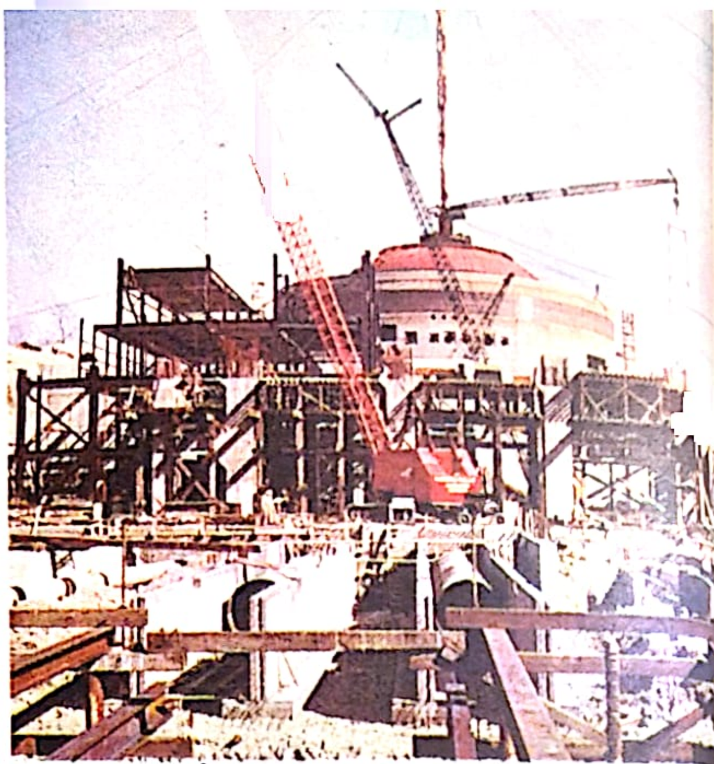


El Maravilloso Futuro Atómico

Ya han transcurrido muchos años desde el amanecer de la Era Nuclear. La ciencia ha encontrado cómo construir bombas aún más potentes, pero de mayor importancia que ellas son las aplicaciones pacíficas que se les han hallado al átomo y a su núcleo. La gente de todas partes del mundo confía en que los átomos nunca vuelvan a ser usados para la destrucción. Pero lo que sí es seguro, es que se aplicarán con fines constructivos. De hecho, los átomos ya se han puesto a trabajar para la industria y, hasta el año 1958, habían ahorrado la suma de 500 millones de dólares. En cuatro años, dicha suma representaba el costo original del programa de energía atómica.

La industria no es la única que emplea la energía nuclear. Ésta ha probado su gran importancia en la medicina, en la agricultura, en los transportes, en la minería y en todas y cada una de las demás actividades humanas.

Algunas de sus aplicaciones más espectaculares son bien conocidas. Las estaciones generadoras de energía nuclear abastecen de electricidad a varias ciudades. La radiación atómica se emplea para diagnosticar y descubrir algunas enfermedades y curar otras. Los motores nucleares impulsan a los barcos y, dentro de poco tiempo, harán lo mismo con los aeroplanos. Algún día el átomo podrá proporcionar calor a ciudades enteras, generar fuerza para las naves espaciales, derribar montañas, abrir canales y descubrir nuevos yacimientos de minerales. Quizá aun pueda utilizarse para mejorar las condiciones climáticas de la Tierra.

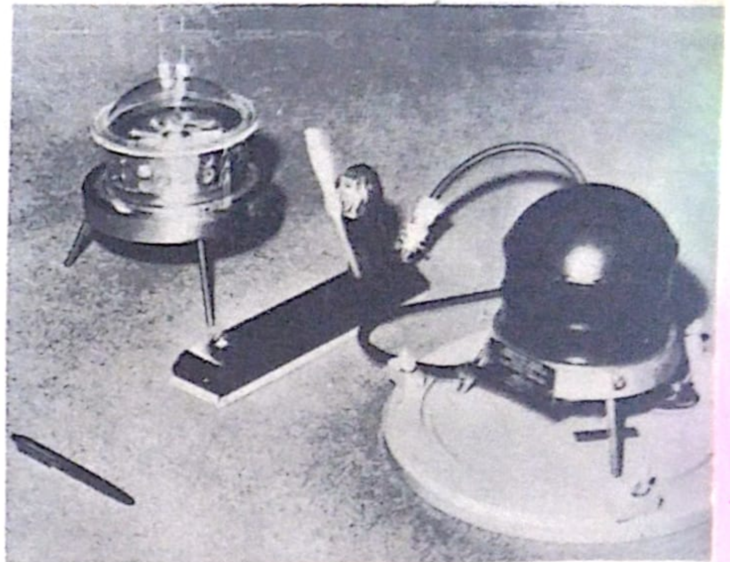


Una estación de energía atómica en Nueva York

Pero dentro de cada uno de esos grandes proyectos, hay probablemente cientos de aplicaciones menos conocidas de la energía nuclear. El reactor atómico nos permite convertir en radiactivos toda clase de elementos y, en el comercio y en la industria, ha probado ser de gran utilidad en muchas formas asombrosas. He aquí unas cuantas de ellas:

En la industria petrolera, la cual envía constantemente grandes cantidades de petróleo crudo a través de millares de kilómetros de tubería, el átomo ha hecho posible que se haga circular, una después de otra y por la misma tubería, dos clases distintas de petróleo, para luego separarlas en el otro extremo: Se colocan "etiquetas" radiactivas entre los dos envíos, y

Dos diminutos generadores de energía atómica ►



un contador Geiger es el encargado de "avisar" cuándo termina de pasar la primera clase de petróleo y cuándo empieza a llegar la segunda.

Si los ingenieros de una fábrica desean saber el número de vueltas que da una polea giratoria, colocan un pedazo de material radiactivo sobre su orilla y un contador Geiger se encarga de registrar cada vez que el trozo radiactivo pasa por el mismo lugar.

Para medir la altura de un líquido que está almacenado en un depósito, se envían rayos a la pared del depósito y se coloca un contador en el extremo opuesto. Como los rayos no pueden atravesar los líquidos, el contador registra el nivel cuando los rayos empiezan a pasar por donde no hay líquido.

La radiactividad protege a los trabajadores que laboran cerca de máquinas peligrosas. Un trozo de material radiactivo se coloca en una pulsera en la muñeca del trabajador. Cuando su mano se acerca a un lugar de peligro, la radiación hace sonar la alarma de un aparato instalado en la máquina.

Para medir el grosor del papel, el de la lámina, o el de muchos otros objetos, los fabricantes disparan rayos radiactivos a través de los materiales y cuentan el número de rayos que salen por el otro lado. Cuando pasan demasiados rayos, significa que el material es muy delgado. Si sólo



Un vagón de ferrocarril se pesa midiendo la radiación atómica que penetra en él



En muchos cruceros de ferrocarril, los semáforos son encendidos con energía atómica

Las partículas radiactivas pueden emplearse en las alarmas contra incendio



pasan unos cuantos, es que el material es grueso.

Cuando cierto material plástico que se emplea para forrar los conductores eléctricos se somete a la radiación, alcanza tal dureza, que resulta ser uno de los mejores aislantes.

Las roturas internas que llega a haber en las piezas metálicas de los aparatos pueden ser descubiertas por medio de la radiación (antiguamente se empleaban rayos X, pero la radiación atómica resultó ser mucho más económica).

La electricidad estática, del tipo que a veces brota al tocar la manija de la portezuela de un automóvil, puede ser muy peligrosa cuando hay substancias explosivas cerca de ella. La energía atómica se puede aplicar para descargar esa electricidad y evitar así que cause daño.

La lista de las aplicaciones industriales del átomo y sus derivados es interminable. Además de lo que hemos mencionado, el átomo se emplea para construir los indicadores de la velocidad de los aeroplanos, para fafricar mejores jabones y lápices labiales, cintas adhesivas más fuertes y vidrio mucho más duro. Se puede usar aun para descubrir la presencia del humo en la atmósfera y para analizar un tronco de árbol y determinar el número de nudosidades internas que contenga.

En la medicina, el átomo no tiene tantas aplicaciones como en la industria, pero quizá su importancia sea mayor. Alivia el dolor, contribuye a la técnica quirúrgica, proporciona ayuda a los médicos para diagnosticar el mal de sus pacientes. He aquí unos cuantos ejemplos del uso de la energía atómica en la medicina:

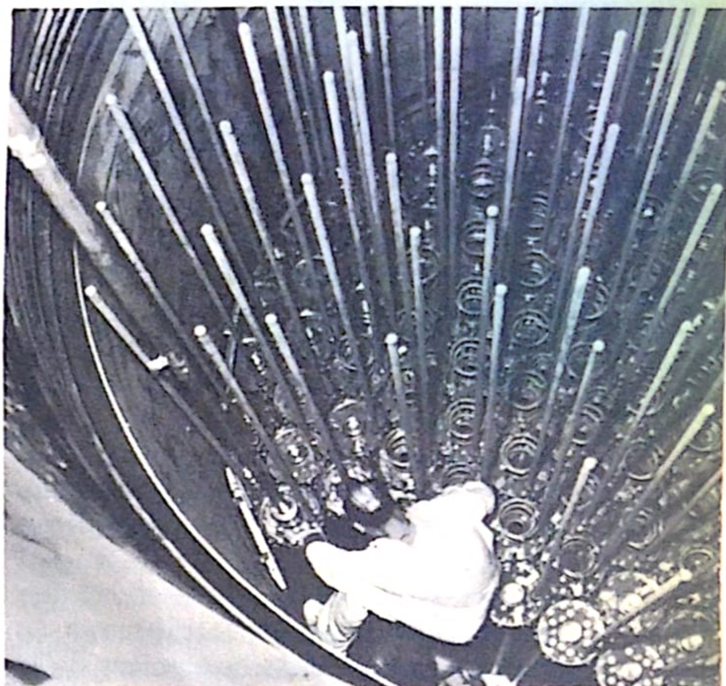
Para averiguar hasta qué partes del organismo llega un medicamento y si es que lo alivia, se agregan pequeñas dosis de substancias radiactivas a las substancias curativas, las cuales pueden ser rastreadas con un contador. Substancias químicas similares se pueden agregar a la sangre para que los médicos puedan saber qué órganos y partes del cuerpo sufren de circulación defectuosa.

Como Becquerel lo supo por propia experiencia, las substancias radiactivas son a menudo tan potentes, que pueden causar quemaduras. Algunas de éstas llegan a ser graves, pero también pueden ser benéficas, como cuando se emplean para destruir las células cancerosas que no pueden extirparse por medio de la cirugía. Mucha gente que ha padecido cáncer ha vivido más tiempo gracias a ese tratamiento.

Los que padecen de fiebre de heno se beneficiarán con la investigación atómica que efectúan los botánicos. Con el objeto de determinar el trayecto que siguen las esporas de la ambrosía, la cual hace estornudar a los que sufren de dicha fiebre, los científicos primero colocan substancias radiactivas en los lugares donde crece la ambrosía. Luego, rastrean las esporas con un contador Geiger.

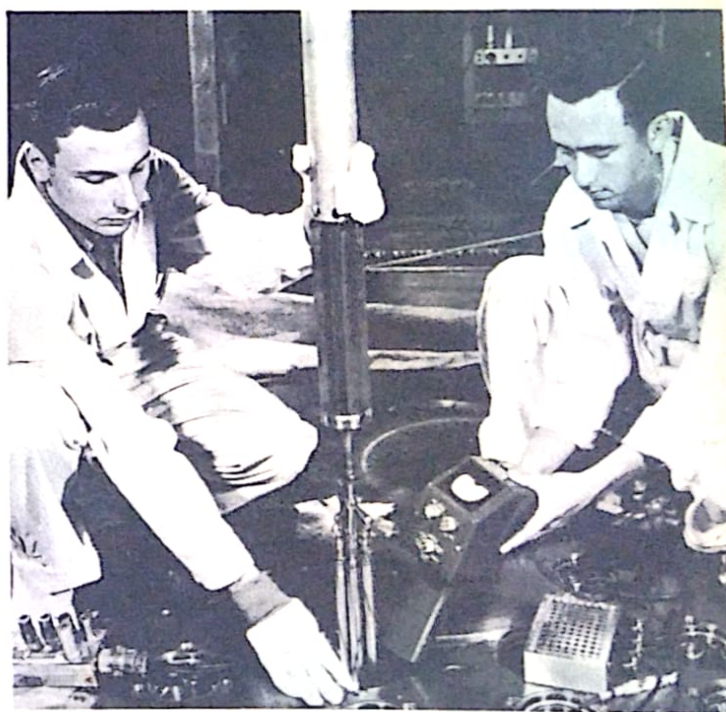
Las drogas, los vendajes y otros productos químicos y médicos pueden ser esterilizados al someterlos a la acción de los rayos atómicos, que destruyen las bacterias y los gérmenes portadores de las enfermedades.

Los insectos que atacan los cereales pueden ser combatidos por medio de la radiactividad, ahorrando en esta forma mucho dinero a los agricultores. Los brotes tempraneros de las



Un trabajador baja al interior de un reactor atómico

Mientras un hombre sostiene un contador Geiger, otro inyecta combustible en un reactor



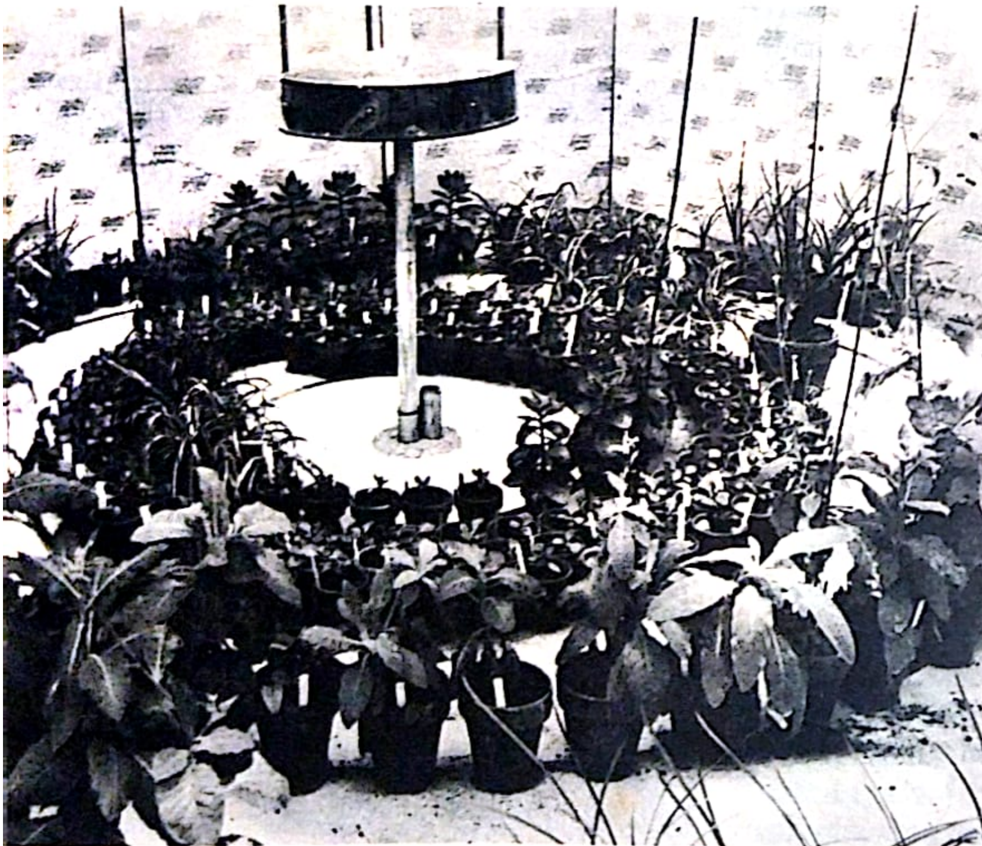


A las patatas tratadas con elementos radiactivos no les brotan tallos tempraneros

patatas que las echan a perder pueden ser retardados si se les aplican rayos atómicos.

Para darnos cuenta de lo eficaz que han llegado a ser los fertilizantes (o sea, para saber hasta qué partes de la planta llegan), baste decir que los agrónomos los hacen radiactivos antes de esparcirlos por el suelo. Al crecer la planta, el fertilizante puede ser rastreado con un contador.

Las semillas de las plantas, después de que se les ha sometido a la radiactividad, pueden crecer en forma anómala una vez que se les ha plantado: plantas grandes, torcidas, plantas pequeñas, plantas con muchos frutos, plantas sin ellos; todas ellas se han obtenido en esos experimentos. Algunas variedades pueden resultar mucho mejores que las plantas originales de donde provinieron. Una nueva variedad de cacahuate se obtuvo en esa forma. Por ejemplo, produce más cacahuates por planta, puede resistir más fácilmente las plagas, y tiene una cáscara más dura.



Los científicos prueban el efecto de los rayos de cobalto en el crecimiento de las plantas

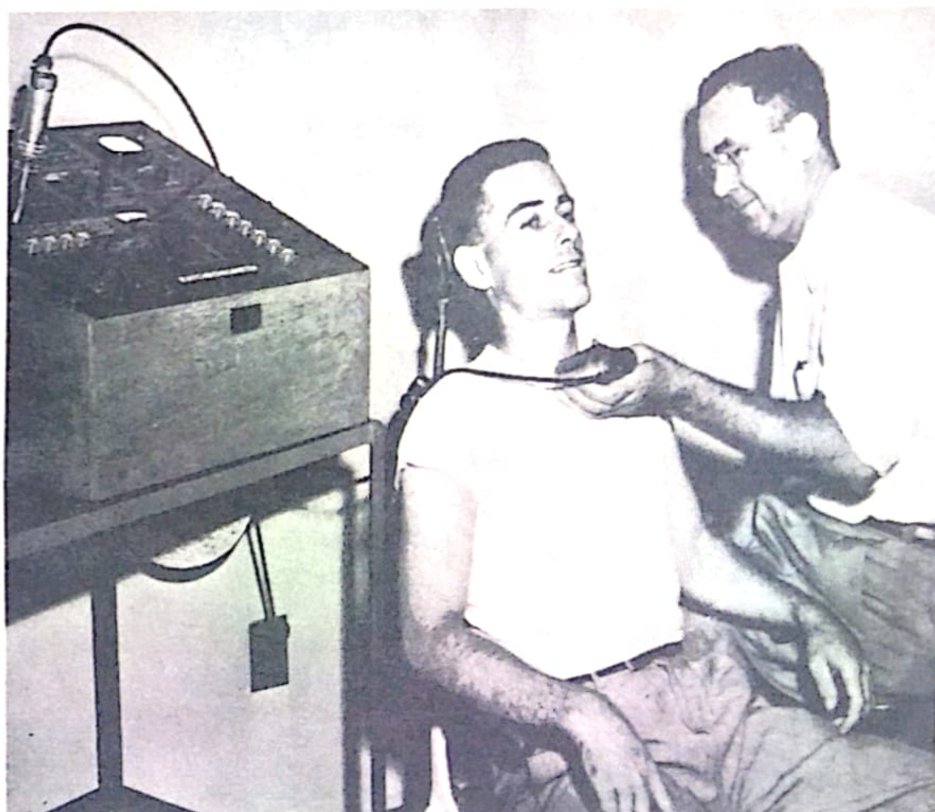
Los hábitos de los insectos devoradores de plantas pueden ser descubiertos haciendo radiactivos a unos cuantos de sus individuos, y luego, siguiéndolos con un contador Geiger para saber adónde van y cómo viven. La información así obtenida puede utilizarse en la elaboración de mejores métodos con que combatirlos.

Y por supuesto, hay muchas aplicaciones de la energía atómica aparte de la industrial, agrícola y médica, que son casi de tanta importancia como el interés que despiertan. Por ejemplo, las bacterias que echan a perder los alimentos pueden ser destruidas mediante la radiación; los productos tratados por este medio pueden conservarse frescos durante muchos meses.

Los topógrafos pueden marcar los límites de un terreno con estacas previamente tratadas con substancias radiactivas, para localizarlas más tarde con un contador Geiger.

La edad de los objetos extraídos por los arqueólogos se puede determinar midiendo la radiactividad de una clase de carbono que contienen. Ese carbono pierde su radiactividad a cierto ritmo, que los científicos conocen, lo cual les permite calcular la edad del objeto en cuestión.

En forma considerable o pequeña, el átomo ayuda a mejorar el medio en que vivimos. Los científicos nunca sabrán hasta dónde los llevará su curiosidad, al tratar de averiguar de qué modo está hecho el mundo. Los investigadores descubrieron un arma terrible, pero también marcaron los derroteros de una vida mejor.



Después de recibir una pequeña dosis de yodo radiactivo, al paciente le miden con un contador Geiger la cantidad de radiactividad asimilada por la glándula tiroides





ÍNDICE

Fotografías: **pág. 10 (*sup. izq.*), 30, 44-45, 53, Wide World; pág. 10 (*sup. der.*), 49, 50, 52 (*sup.*), UPI; pág. 10 (*inf.*) Electric Boat Div., Dynamics Corp.: pág. 11, Marilyn Silverstone, *Gamma;* pág. 47, General Electric Company; pág. 31, 48, Consolidated Edison Company de Nueva York; pág. 51, North American Aviation; pág. 52 (*inf.*), Brookhaven National Laboratory.**

LIBROS DE ORO DEL SABER

EL MUNDO DE LAS HORMIGAS – Las diferentes especies y cómo viven en sus colonias. Con 70 ilustraciones en colores.

EL MUNDO DE LOS INSECTOS – Hormigas, avispas, escarabajos y otros. Cómo nacen, crecen y sobreviven.

LA LUNA – Su origen, tamaño, topografía y clima. Posibilidad de exploración. Cartas geográficas e ilustraciones en colores.

SUBMARINOS – La navegación submarina, desde el primitivo *Turtle* hasta el *Skypjack*, dotado de fuerza nuclear.

ÁTOMOS – La historia de cómo descubrió el hombre la estructura de la materia. Fotografías e ilustraciones.

AVES DEL MUNDO – Pingüinos, pelícanos, garzas, patos, cisnes, águilas, papagayos y muchos más.

MOTORES – Cómo ha domado el hombre la energía del viento, del agua, del vapor, de la electricidad y del átomo.

LA VIDA DE LOS REPTILES – Tortugas, caimanes, lagartos y serpientes; su forma de vida.

LOS PLANETAS – Los 9 planetas y 31 lunas de nuestro sistema solar. Con gran variedad de cartas geográficas y diagramas.

MATEMÁTICAS – Introducción al álgebra, a la geometría y a otras ramas de las matemáticas, con juegos instructivos.

LA VIDA DE LOS PECES – Cómo nadan, respiran, ven y sobreviven en aguas poco o muy profundas.

ROCAS – Sus procesos de formación y sus diferentes clases.

Walt Disney • ANIMALES SALVAJES DEL OESTE – Adaptado de la película de Disney "Aventuras de la vida real"

Walt Disney • EL ÁRTICO SALVAJE – Animales del Ártico, ilustraciones a colores tomadas de la película "Aventuras de la vida real".

LOS VIAJES DE LOS ANIMALES – Las rutas que siguen y los fenónfenos que los impulsan a viajar.

ENERGIA Y POTENCIA – Cómo aprovecha el hombre las fuerzas naturales, y cómo mediante ellas, transforma al mundo.

LA VISION – ¿Por qué, y cómo vemos?

LAS REGIONES POLARES – Historia y Geografía. Datos fascinantes sobre la Región Ártica y la Antártida.

LOS VUELOS ESPACIALES – La inminente y emocionante exploración del Universo.

LIFE EL MAR – Sus orígenes, las fuerzas que en él imperan y los seres que lo pueblan.

LOS PRIMEROS AUTOMOVILES – Desde el auto de cuerda fabricado en 1649, hasta el Ford modelo T, con diagramas y planos.

LA HISTORIA DE LOS MAPAS – Cómo se ha representado el mundo, desde la antigüedad hasta la Era Espacial.

LIFE ANIMALES PREHISTÓRICOS – Los dinosaurios, así como otros reptiles y los mamíferos primitivos.

ANIMALES QUE VUELAN – Las especies dotadas de capacidad para volar.




LIBROS DE ORO DEL SABER

LIBROS DE ORO DEL SABER

Libros de temas objetivos para jóvenes lectores

• Textos interesantes, instructivos y amenos • Cada libro ha sido revisado minuciosamente por un experto en la materia • Bellamente ilustrados en colores, con fotografías, dibujos, diagramas y cuadros sinópticos • Un extenso campo de fascinantes materias • Preparados bajo la dirección del doctor Herbert S. Zim, reconocida autoridad en la enseñanza de las ciencias.



Vea usted, en la página 55, la lista completa de los títulos de esta serie.

La Vida de los Reptiles — Los Planetas — Matemáticas — La Vida de los Peces — Rocas

Los Viajes de los Animales — Energía y Potencia — La Visión ¿Por qué y cómo vemos? — Las Regiones Polares — Aves del Mundo

El Mar — Los Primeros Automóviles — La Historia de los Mapas — Animales Prehistóricos — Animales que Vuelan



ORGANIZACION EDITORIAL NOVARO, S. A.

$ Mex. 9.00